This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

LSoc1636.2

BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
CHARLES MINOT,
OF SOMERVILLE,
(Class of 1828,)

MAY 20 1806

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE L'AGRICULTURE ET DES ARTS

DE LILLE.

Digitized by Google

Digitized by Google

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE L'AGRICULTURE ET DES ARTS

DE LILLE

ET

PUBLICATIONS FAITES PAR SES SOINS.

4e Série. — Tome V.

PARIS,
DIDRON, LIBRAIRE-ÉDITEUR,
23, rue Saint-Dominique.

LILLE,
L. CARRÉ, LIBRAIRE,
64, Grand'Place.

1878.

Digitized by Google

~~122/2/64~~
LSoc1636.2

MAY 20 1885
Minot fund.

Digitized by Google

PHOTOMÉTRIE.

MESURE DES INTENSITÉS RELATIVES

DES DIVERSES RADIATIONS CONSTITUTIVES DES SOURCES LUMINEUSES[1],

Par HENRI TRANNIN.

HISTORIQUE.

Le but de ce travail est d'exposer les principes d'une méthode photométrique permettant de mesurer les intensités relatives des diverses radiations qui constituent les sources lumineuses. Avant d'entrer dans l'exposé de mes propres recherches, je crois devoir résumer succinctement les différents travaux de photométrie qui, reposant sur l'application des lois de la polarisation de la lumière, ont des points communs avec la méthode que j'ai employée.

Arago. — Le premier travail que j'ai à signaler est celui d'Arago[2] qui, en 1833 publia la méthode qu'il

(1) Thèse soutenue à la Faculté des Sciences de Lille, le 21 avril 1877, pour l'obtention du doctorat ès-sciences physiques.

(2) Œuvres complètes, X, p. 150.

Digitized by Google

avait employée pour vérifier la loi de Malus, loi qui, à cette époque, pouvait encore laisser des doutes.

En 1850, Arago présenta à l'Académie des Sciences une série de mémoires dans lesquels, après avoir fait connaître complètement ses méthodes, il indiqua les diverses applications qu'il en avait tirées.

Dans un premier mémoire[1], Arago démontra expérimentalement la loi de Malus et justifia par quelques applications l'importance qu'il attachait à la vérification de cette loi.

Dans un deuxième mémoire[2], Arago décrit la méthode photométrique qui lui avait permis de vérifier les formules de Fresnel relatives à la réflexion et à la réfraction de la lumière. Il établit une table des quantités de lumières réfléchies et réfractées sous des incidences comprises entre 90° et 63° 22′, par une lame de glace à faces parallèles.

Dans un troisième mémoire[3], Arago détermina les quantités de lumière réfléchie et réfractée sous les incidences comprises entre 63° 22′ et 0°, et put ainsi prolonger la table jusqu'à l'incidence normale. Après avoir mesuré la perte de lumière à la surface des métaux, il montra que, dans l'acte de la reflexion totale, contrairement à l'opinion de Bouguer, la perte de lumière n'est pas appréciable. Arago termina ce long mémoire par une étude de la sensibilité de son polariscope.

Dans les quatrième, cinquième et sixième mémoires[4], ce savant physicien fit usage de la loi de Malus, qu'il avait démontrée expérimentalement, pour déterminer l'éclat relatif des bords et du centre du soleil, ainsi que l'intensité de la lumière atmosphérique dans le voisinage de cet astre. Il aborda l'étude photométrique de la lumière

(1) Comptes-rendus, XXX, p. 805.
(2) Id. id. 865.
(3) Id. id. 425.
(4) Id. id. 425, 489, 617.

Digitized by Google

envoyée par les étoiles, exposa la méthode de graduation de son polarimètre et décrivit les instruments qu'il avait imaginés pour mesurer l'intensité des couleurs, et particulièrement l'intensité du bleu atmosphérique.

Dans un septième et dernier mémoire[1], Arago « expliqua les principes de la méthode qui conduit à la détermination de la hauteur des nuages isolés, en se fondant sur les phénomènes de la polarisation » et termina l'importante série de ses publications sur la photométrie par une étude de la lumière cendrée et de la lumière de Jupiter et de ses satellites.

Beer. — En 1851[2], Beer publia un travail sur l'absorption des rayons rouges par la cordiérite. Sa méthode consistait à examiner le cristal taillé sous forme de plaques, à travers un tube renfermant deux spaths dont on pouvait croiser plus ou moins les sections principales. On amenait ainsi à l'égalité les images ordinaire et extraordinaire, et on déduisait de l'angle trouvé le rapport des coefficients d'absorption des rayons ordinaires et extraordinaires. Cette méthode qui obligeait l'observateur à comparer deux images voisines et de forme circulaire, ne donna que des résultats peu précis.

Le même auteur fit connaître l'année suivante[3] une méthode photométrique, à l'aide de laquelle il détermina les coefficients d'absorption spécifiques de diverses substances dissoutes dans l'eau. Beer employait pour cela deux sources lumineuses dont les rayons polarisés à angle droit se réfléchissaient sur des miroirs d'acier, et venaient ensuite éclairer les deux moitiés adjacentes d'un diaphragme circulaire. On rendait les deux parties du diaphragme également lumineuses en tournant convenablement un nicol placé à l'oculaire de l'instrument;

(1) Comptes-rendus, XXX, p. 757.
(2) Poggendorff's Annalen, LXXXIV, p. 87.
(3) Poggendorff's Annalen, LXXXVI, p. 78.

Digitized by Google

l'angle que faisait alors la section principale de ce prisme avec les plans primitifs de polarisation permettait de calculer le rapport des intensités des deux faisceaux. Les substances absorbantes étaient placées entre l'une des sources lumineuses et l'appareil photométrique. Cette méthode était plus précise que la précédente, à cause de la contiguité des deux images qu'il s'agissait de ramener à l'égalité. On sait, en effet, que, dans ce cas, la ligne de séparation des deux champs lumineux s'efface complétement, lorsque l'égalité est atteinte. Cette disparition constitue un caractère susceptible d'être apprécié par l'œil avec une grande précision [1].

Bernard. — Dans une thèse [2] sur l'absorption de la lumière par les milieux non cristallisés, F. Bernard décrit une méthode photométrique basée, comme la précédente, sur la comparaison de deux images voisines dont on peut faire varier à volonté les intensités. Chacun des deux faisceaux lumineux polarisés et analysés séparément par leur passage à travers deux nicols dont on peut mesurer les angles de croisements avec les plans primitifs de polarisation, vient former son image sur une des moitiés d'un diaphragme circulaire que l'on regarde à l'aide d'une lunette de Galilée.

Des verres absorbants de couleurs convenables donnent à ces deux faisceaux la même teinte et rendent plus exacte et plus facile l'appréciation de l'égalité lumineuse des deux moitiés du diaphragme.

L'auteur vérifia à l'aide de cet appareil les lois générales de l'absorption de la lumière mono-chromatique par les corps colorés, lois qui sont représentées, comme on le sait, par une formule exponentielle.

En 1853 [3], le même auteur donna la description d'un

(1) Jamin. — Mémoires sur la réflexion métallique.

(2) Bernard. — Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Bordeaux; Annales de physique et de chimie, 3e série, t. XXXV, p. 385.

(3) Comptes-rendus, XXXVI, p. 728.

Digitized by Google

nouvel appareil qui, construit par M. Duboscq, spécialement pour l'étude de l'absorption, diffère de celui dont je viens d'exposer le principe, par la suppression d'une des sources lumineuses. On a, avec cette disposition, le grand avantage de n'avoir plus à tenir compte des variations de l'intensité relative des deux lumières. Dans la même note, Bernard décrit un autre instrument plus simple et dans lequel le double système de nicols est remplacé par un nicol unique suivi d'un prisme biréfringent. Le nicol polarise le faisceau lumineux qui se divise ensuite dans le prisme biréfringent en deux autres faisceaux dont les intensités sont entre elles dans le même rapport que le carré du sinus de l'angle des sections principales du nicol et du prisme, est au carré du cosinus du même angle. Ces deux faisceaux lumineux suivent des routes différentes et n'arrivent sur le diaphragme où l'œil les compare, qu'après avoir traversé les milieux absorbants soumis à l'expérience. Cette disposition simplifie beaucoup le maniement de l'appareil.

Bernard [1] appliqua encore la loi de Malus à l'étude de la polarisation atmosphérique. Son appareil se composait essentiellement d'un prisme biréfringent et d'un nicol; à l'aide d'un biquartz de Soleil, on place la section principale du prisme dans le plan de polarisation partielle du point du ciel examiné; puis, après avoir enlevé le biquartz, on amène les deux images du diaphragme à l'égalité par une rotation convenable du nicol. Il y a à tenir compte d'une cause d'erreur provenant de l'inégale perte de lumière que subissent, aux surfaces d'entrée et de sortie du prisme biréfringent, les rayons polarisés dans des plans perpendiculaires. Une observation préalable, effectuée sur de la lumière parfaitement neutre, permet de connaître la valeur de la correction que l'on doit faire subir à toutes les observations.

[1] Comptes-rendus, XXXIX, 775.

Digitized by Google

Babinet. — En 1853, Babinet [1] fit connaître une méthode photométrique qu'il avait imaginée dans le but de comparer les intensités des sources lumineuses et spécialement celles des becs de gaz. Les deux faisceaux à comparer étaient polarisés à angle droit, l'un par son passage à travers une pile de glace et l'autre par sa réflexion à la surface de cette même pile.

Les deux faisceaux réunis traversaient ensuite un polariscope de Soleil formé, comme l'on sait, d'un biquartz et d'un nicol; on était averti de l'égalité des deux faisceaux par l'absence complète des couleurs des lames de quartz.

Cette méthode est susceptible d'une grande précision parce qu'elle ramène la comparaison de deux faisceaux lumineux à l'observation d'un phénomène que l'œil reconnaît très-exactement, c'est-à-dire la disparition complète des colorations complémentaires d'un biquartz.

De la Provostaye et Desains. — En 1854 [2], ces deux physiciens comparèrent les intensités lumineuses qu'émettent les différents corps portés à la même température. Une lame de platine, en partie recouverte du corps réduit en poudre dont on voulait mesurer le pouvoir émissif relativement à celui du platine, était chauffée au rouge, soit par un courant électrique qui la traversait, soit à l'aide du jet d'une éolipyle placée derrière la lame.

On observait cette lame à travers un prisme biréfringent et un nicol que l'on tournait jusqu'à ce que l'image ordinaire du platine incandescent parût avoir le même éclat que l'image extraordinaire de la partie recouverte par le corps réduit en poudre.

Jamin. [3] — Sous ce titre « Optique et Peinture », M. Jamin publia en 1857 dans la *Revue des Deux Mondes*,

(1) Comptes-rendus, XXXVII, 774.
(2) Id. XXXVIII, 977.
(3) Revue des Deux-Mondes, février 1857.

Digitized by Google

un article dans lequel il décrivit un photomètre destiné mesurer les intensités relatives des parties plus ou moins éclairées des tableaux. Construit antérieurement à 1855 par H. Soleil, sur les indications de l'auteur[1], ce photomètre se distinguait de ceux qui lui étaient antérieurs par la précision des mesures qu'il permettait d'obtenir; dans cet appareil, les faisceaux lumineux qu'il s'agissait de comparer, traversaient successivement un prisme biréfringent, un analyseur et un polariscope de Savart. Le prisme biréfringent donnait deux images ordinaire et extraordinaire de chacun des deux faisceaux et superposait en outre l'image ordinaire de l'un des faisceaux à l'image extraordinaire de l'autre faisceau; on tournait le nicol jusqu'à ce que les franges disparussent, et alors les deux faisceaux avaient des intensités égales.

La grande sensibilité du polariscope de Savart, donnait à cet appareil une très-grande exactitude; aussi voyons-nous depuis, d'autres physiciens employer dans leurs appareils les plus précis le même polariscope.

Wild. — M. Wild, directeur de l'Observatoire de Berne, publia de 1858 à 1866, différents mémoires sur la photométrie et sur la transparence de l'air. Le principe des appareils qu'il décrit repose sur le même principe que le photomètre de M. Jamin, c'est-à-dire la superposition de deux faisceaux polarisés à angle droit et l'examen du faisceau résultant au moyen d'un polariscope de Savart.

Dans le premier appareil[2], décrit par cet auteur, les faisceaux émanés des deux sources lumineuses étaient polarisés à angle droit par une pile de glace fixe qui réfléchissait l'un de ces faisceaux et transmettait l'autre. Ces faisceaux réunis traversaient alors le polariscope de Savart qui avait été modifié en vue d'obtenir des franges

(1) Cosmos, X, 282.

(2) Poggendorff's Annalen, XCIV, 235.

Digitized by Google

plus fines et partant plus nettes. Le faisceau lumineux qui devait traverser la pile de glace fixe rencontrait auparavant une autre pile de glace mobile dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence de la pile fixe; c'est en inclinant plus ou moins la pile mobile qu'on donnait aux deux faisceaux des intensités égales; les franges disparaissaient alors.

La difficulté d'obtenir de bonnes piles de glace, la graduation longue et délicate de la pile mobile, et par-dessus tout, le maniement compliqué de l'appareil quand les sources lumineuses émettaient de la lumière polarisée, obligèrent l'auteur à abandonner cette disposition.

Le second appareil décrit par M. Wild [1] ne diffère essentiellement du photomètre de M. Jamin que par la position différente du prisme polariseur et par un système de prismes à réflexion totale destinés à juxtaposer les faisceaux lumineux à leur entrée dans l'appareil. En outre, le prisme biréfringent a été remplacé par un rhomboèdre de spath.

Quand les faisceaux lumineux soumis à l'expérience sont primitivement polarisés, il faut, tout d'abord, déterminer pour chacun d'eux la direction du plan de polarisation partielle et la proportion de lumière polarisée. Dans ce but l'appareil reçoit un nouveau rhomboèdre de spath placé entre les sources lumineuses et le prisme polariseur, et de plus, on peut faire tourner tout l'appareil autour de son axe de façon à amener la section principale du spath dans le plan de polarisation partielle du faisceau examiné. M. Wild a déterminé avec exactitude les coefficients de transparence du spath et du quartz suivant que les faisceaux lumineux qui traversent ces cristaux sont polarisés dans la section principale ou dans un plan rectangulaire. Il résulte des ex-

[1] Poggendorff's Annalen, CXVIII, 193.

Digitized by Google

périences de M. Wild que si on tient compte des réflexions inégales que subissent les faisceaux ordinaire et extraordinaire, à l'entrée et à la sortie du spath, le partage d'un faisceau lumineux ne suit pas exactement la loi de Malus. Pour le quartz, dont le pouvoir biréfringent est beaucoup plus faible que celui du spath, on peut négliger cette cause d'erreur.

Dans des travaux publiés en 1867 [1] et 1868 [2], M. Wild appliqua sa méthode photométrique à l'étude de la transparence de l'air; il montra que l'on peut mesurer le coefficient de transparence de ce gaz en se servant de tubes de quelques mètres de longueur seulement, et étudia l'influence de la pression, de l'humidité et des matières en suspension sur la valeur de ce coefficient.

Zollner. — En 1866 [3], M. Zollner donna la description d'un photomètre basé sur la comparaison des deux moitiés d'un diaphragme circulaire recevant sur une des moitiés les rayons directs d'une des sources lumineuses, et sur l'autre moitié les rayons de l'autre source lumineuse, dont on pouvait faire varier à son gré l'intensité. Pour cela, les rayons de cette dernière, avant d'arriver sur le diaphragme, étaient réfléchis sous l'angle de polarisation par une glace noire et n'arrivaient à l'œil qu'après avoir traversé un nicol placé entre le diaphragme et la loupe de l'oculaire. Les rayons lumineux qui étaient polarisés par réflexion subissant seuls l'influence du prisme de nicol, on faisait tourner le nicol jusqu'à ce que les deux moitiés du diaphragme parussent avoir la même intensité.

M. Zollner [4] a depuis modifié son appareil en polarisant à angle droit les deux faisceaux lumineux avant

(1) Poggendorff's Annalen, CXXXIV, 568.
(2) Id. CXXXV, 99.
(3) Id. C, 381.
(4) Id. CIX, 244.

Digitized by Google

leur arrivée sur le diaphragme ; de cette façon les deux faisceaux étaient tous deux modifiés suivant la loi du carré du cosinus en traversant le nicol oculaire ; on pouvait, par une rotation convenable de ce prisme, les amener à l'égalité. L'auteur a spécialement étudié comment varie l'intensité lumineuse d'un fil de platine porté au rouge par un courant électrique, quand on fait croître l'intensité du courant. M. Zollner est encore l'auteur d'une méthode photométrique destinée à mesurer les intensités lumineuses des étoiles.

Otto Hâgen. — Reprenant les travaux de Beer sur l'absorption inégale qu'exercent les cristaux biréfringents colorés sur les rayons ordinaire et extraordinaire, M. Otto Hâgen s'entoura de toutes les précautions propres à assurer l'exactitude de ces déterminations délicates. Son procédé photométrique ne diffère de celui de Beer que par la juxtaposition exacte des deux faisceaux lumineux que l'on compare et par la position du cristal dans l'appareil ; les faisceaux lumineux sont de plus rigoureusement définis par leurs longueurs d'onde.

Becquerel. — Dans ses recherches [1] sur l'intensité de la lumière émise par les corps phosphorescents, M. Ed. Becquerel fut conduit à imaginer un appareil photométrique, qui lui permît de comparer entre elles les radiations des corps soumis à l'insolation.

Plus tard, le même physicien étudia les intensités des corps portés à des températures élevées et donna une forme définitive à son appareil photométrique.

Les deux faisceaux lumineux à comparer traversent séparément chacun un système de deux nicols polariseur et analyseur, dont la position relative est déterminée par des cercles divisés ; ils viennent ensuite for-

(1) Becquerel. — La lumière, ses œuvres, ses effets ; t. 1, p. 75.

Digitized by Google

mer au plan focal de l'oculaire les images des corps dont ils émanent, et c'est là que l'œil les compare.

On tourne alors les nicols analyseurs, jusqu'à ce que les intensités des deux images paraissent égales.

Dove. — En 1861 [1] ce physicien publia la description d'une méthode photométrique dont le principe a été indiqué pour la première fois par Pouillet [2]. Un négatif sur verre est placé sur le porte-objet d'un microscope polarisant et est éclairé de bas en haut par des rayons lumineux polarisés dont on peut faire varier à son gré l'action sur l'œil à l'aide de la rotation du nicol oculaire. En outre, le cliché est éclairé aussi de haut en bas par la lumière diffuse du jour qui arrive de tous côtés, et cette dernière lumière, étant à l'état naturel, n'est pas modifiée par le nicol analyseur.

Les premiers rayons, ceux qui sont polarisés, donnent une image négative; les autres, au contraire, une image positive. Quand par la rotation convenable du nicol oculaire, ces deux images ont la même intensité, toute apparence de dessin disparaît. On conçoit maintenant que si on éclaire la plaque de verre par le bas successivement avec les deux luminaires que l'on veut comparer, l'éclairement par le haut restant sensiblement constant pendant une expérience, les intensités des deux luminaires seront proportionnelles aux carrés des cosinus des angles qu'aura occupés successivement le nicol, pour amener la disparition des dessins tracés sur la plaque de verre.

Dans ces dernières années, différents travaux ont été publiés sur la photométrie; M. Chacornac [3] a repris la détermination des intensités lumineuses des étoiles par

(1) Poggendorff's Annalen, CXIV, p. 145.
(2) Comptes-rendus, XXXV, p. 378.
(3) Comptes-rendus, LVIII, p. 657.

Digitized by Google

une méthode basée également sur la loi de Malus. M. Glan[1] a étudié l'absorption de la lumière par les milieux isotropes colorés à l'aide du photomètre de Babinet. M. Crookes[2] a décrit une méthode de comparaison des sources lumineuses dont le principe est encore la disparition des couleurs dans le faisceau résultant de la superposition de deux faisceaux polarisés à angle droit. Enfin M. Trépied[3], tenant compte des hauteurs des étoiles au-dessus de l'horizon, de la transparence de l'air et de l'éclairement du ciel, a déterminé les intensités lumineuses des étoiles par la méthode d'extinction due à Arago.

Ce résumé rapide des diverses applications de la loi de Malus à la mesure des intensités lumineuses, nous permet maintenant de classer les méthodes photométriques en deux groupes bien distincts : Dans le premier, les faisceaux lumineux, toujours séparés, viennent former sur la rétine des images différentes. L'observation doit, dans ce cas, comparer deux champs lumineux voisins, et en faire varier les intensités jusqu'à ce qu'ils paraissent également éclairés. Les photomètres d'Arago, de Beer, Bernard, de la Provostaye et Desains, Chacornac, Zollner, Otto Hagen et Becquerel, sont basés sur ce principe. Dans le second groupe, les deux faisceaux lumineux à comparer après avoir été polarisés à angle droit, sont réunis ensemble, de manière à ne plus former qu'un seul faisceau en général partiellement polarisé. Ce faisceau arrive à l'œil après avoir traversé un polariscope qui décèle la plus petite quantité de lumière polarisée. L'œil n'a donc à considérer dans cette méthode que la disparition de couleurs ou de lignes isochromatiques, disparition qu'il apprécie avec la plus grande exactitude. A ce groupe se rattachent certains appareils d'Arago, et

(1) Poggendorff's Annalen, CXLI, p. 58.
(2) Philosophical Magazine (4), XXXVII, p. 227.
(3) Comptes-rendus, LXXXII, 557.

Digitized by Google

les photomètres de Babinet, Jamin, Wild, Crookes et Flan.

INTRODUCTION.

La méthode dont l'exposition fait l'objet de ce travail, se rattache à ce dernier groupe ; elle a pour but principal l'étude des sources lumineuses colorées. On sait que la comparaison de deux lumières de couleurs tant soit peu différentes, la flamme du gaz, par exemple, et la flamme d'une lampe à huile, sans tirage, présente les plus grandes difficultés ; si on opère cette comparaison par une des méthodes dans lesquelles l'œil doit juger l'égalité de deux champs lumineux éclairés chacun par une des lumières colorées soumises à l'expérience, l'indécision est considérable et dépasse souvent 1/60e du rapport des intensités. On atteint une exactitude plus grande quand les deux faisceaux lumineux, polarisés à angle droit et superposés comme dans les méthodes de MM. Babinet, Jamin, Wild, etc., traversant un polariscope qui produit dans l'œil des couleurs ou des lignes isochromatiques dont la disparition correspond à l'égalité des intensités des faisceaux lumineux. Il faut toutefois remarquer que les lignes isochromatiques ne disparaissent jamais complètement, quand les sources lumineuses n'émettent pas des lumières de même composition spectrale.

Les physiciens qui se sont occupés de ces déterminations, emploient le plus souvent, pour faciliter la comparaison des sources lumineuses, des verres ou des liquides colorés monochromatiques qui, enlevant aux deux lumières certaines radiations, leur donnent à peu près la même couleur. Il est très-difficile de connaître

Digitized by Google

l'importance des modifications subies par des faisceaux lumineux complexes, en traversant les milieux colorés, aussi la mesure des intensités est-elle entachée d'inexactitude.

Si on considère la mesure des intensités lumineuses à un point de vue général, il est évident d'abord que l'œil peut établir une comparaison exacte entre deux sources lumineuses de même nature, telles que deux lumières blanches ou deux radiations de même longueur d'ondulation. Mais si les lumières émettent des radiations d'intensités et de qualités différentes, en d'autres termes, si les lumières ont des compositions spectrales différentes, le jugement de l'œil est frappé d'indécision et ne peut rien apprendre sur les intensités objectives des lumières soumises à l'expérience.

La solution complète du problème de la comparaison de deux sources lumineuses différemment colorées exigerait que l'on connût les points suivants[1] : Détermination de l'intensité de la *sensation* résultant de l'action sur le sens visuel de chaque radiation, en fonction de la force vive et de la durée des oscillations de cette radiation ; détermination de l'intensité de la *sensation* résultant de la composition des *sensations* partielles produites par chacune des radiations. Ce problème, qui ressort en grande partie du domaine de la physiologie, ne peut pas être abordé actuellement avec les connaissances que nous possédons.

Fraunhofer[2] a tenté de comparer entre elles les intensités des diverses radiations d'une même source lumineuse ; mais ses expériences n'ont pas donné de résultats concordants à cause d'une circonstance importante que les travaux postérieurs à ceux de cet illustre physicien ont fait connaître, c'est-à-dire l'influence de l'intensité absolue des couleurs sur leur intensité subjective.

(1) Optique physiologique, par Helmholtz, p. 411, 419, 433.
(2) Fraunhofer. — Gilbert's Annalen LVI 297.

Digitized by Google

Restreignant le problème général de la comparaison des sources lumineuses colorées, j'ai cherché à mesurer les intensités relatives des radiations de même nature prises dans deux lumières différentes. Supposons, par exemple, que l'on veuille comparer la lumière rougeâtre émise par une lampe à huile brûlant sans tirage, avec la lumière blanche d'une lampe carcel, on décomposera chacune de ces lumières en leurs radiations spectrales constitutives, et on comparera chacune des couleurs simples de l'une des lumières avec les mêmes couleurs de l'autre[1]. La connaissance des intensités relatives des mêmes radiations simples dans deux sources lumineuses différentes quelconques, peut être d'une grande utilité dans l'étude de certaines questions. Ainsi, la comparaison des éléments constitutifs des différents luminaires employés dans l'éclairage, le tracé des courbes d'absorption des milieux colorés, la recherche de la loi qui lie les intensités lumineuses des radiations aux températures des corps qui les émettent, sont autant de problèmes que la méthode que je propose permettra d'aborder avec facilité.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION DE LA MÉTHODE.

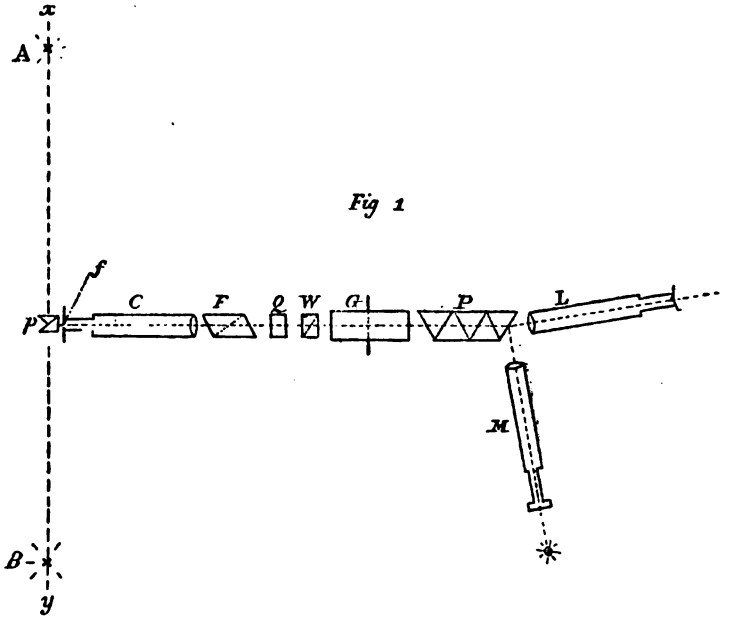
Je décompose les rayons lumineux émanés des sources à comparer en leurs radiations simples à l'aide d'un

(1) La méthode que j'ai expérimentée ne s'applique qu'aux lumières dont les spectres sont continus, et qui sont produites par la combustion des substances hydrocarbonées généralement employées dans l'éclairage et par les corps solides incandescents, tels que le platine porté au rouge, la chaux de la lumière Drummond, les charbons des lampes électriques, la lumière solaire, etc.

Digitized by Google

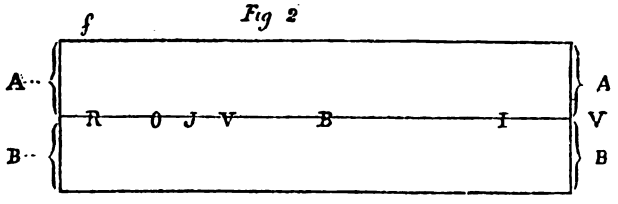
prisme dispersif, et je produis dans les spectres des bandes d'interférence qui disparaissent dans la partie commune aux deux spectres quand, en une région déterminée, les radiations de même longueur d'ondulation ont la même intensité. Pour cela les rayons des deux luminaires A et B (*fig.* 1) sont dirigés par des prismes à

Fig 1



réflexion totale p sur la fente du collimateur C d'un spectroscope; les rayons de la lumière A éclairent la moitié inférieure de la fente et les rayons de B, la moitié supérieure. On aperçoit alors dans la lunette L du spectroscope deux spectres lumineux (*fig.* 2) placés l'un au-

Fig 2



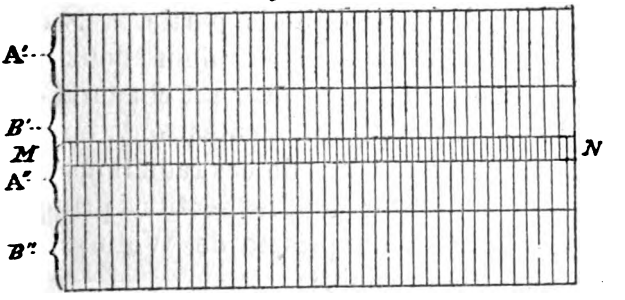
dessus de l'autre, le spectre supérieur correspondant

Digitized by Google

aux rayons de la lumière A, et le spectre inférieur, aux rayons de la lumière B[1].

Entre le collimateur C et le prisme dispersif P du spectroscope (*fig.* 1) sont placées les pièces suivantes : un prisme de Foucault F, une lame de quartz Q taillée parallèlement à l'axe, et un prisme de Wollaston W. Le prisme de Foucault polarise dans un plan horizontal les rayons lumineux émanés des deux parties de la fente et rendus parallèles par la lentille du collimateur ; le quartz parallèle à l'axe introduit une différence de marche considérable entre les deux faisceaux ordinaire et extraordinaire qui s'y forment ; le prisme de Wollaston joue un double rôle analogue à celui du prisme birétringent du photomètre de M. Jamin ; il ramène dans deux plans rectangulaires toutes les vibrations lumineuses et de plus dédouble les images de chacune des moitiés de la fente qui doivent se former au plan focal de l'objectif. Les conditions nécessaires pour la production des spectres cannelés par la méthode de MM. Fizeau et Foucault sont ainsi réalisés.

Fig 3.



Au lieu des deux spectres A et B de la *fig.* 2, on voit alors dans la lunette quatre spectres cannelés (*fig.* 3) A′, B′ polarisés dans le plan horizontal et A″, B″, pola-

1) La comparaison directe des diverses radiations communes aux deux spectres comporte peu de précision ainsi que cela résulte des travaux de M. Vierordt.
Poggendorff's Annalen, CXL, p. 172.

Digitized by Google

risés dans le plan vertical. A cause de la rectangularité des plans de vibrations des rayons lumineux qui constituent ces deux systèmes de spectres, les maxima brillants des bandes d'interférence de A′ et de B′ seront sur le prolongement des minima des bandes de A″ et de B″, et inversement; de plus, les deux systèmes coïncideront en partie, par suite de l'angle de duplication du prisme de Wollaston. La partie M N commune aux deux spectres B′ et A″ est formée par la superposition de deux systèmes de bandes d'interférence provenant chacun d'une des lumières soumises à l'expérience et ces systèmes alternent l'un avec l'autre; c'est en obtenant la disparition complète de ces bandes que je juge de l'égalité des radiations en chaque région du spectre.

Je fais varier les intensités des faisceaux lumineux, soit en changeant les distances des lumières à la fente, soit en interposant entre le prisme de Wollaston et le prisme dispersif, un prisme de Foucault qui peut par une rotation convenable de sa section principale, ramener toujours à l'égalité les deux faisceaux lumineux polarisés à angle droit, issus du prisme de Wollaston.

En un point quelconque de la partie M N commune aux deux spectres A″ et B′, on a toujours deux radiations de même longueur d'onde, provenant chacune d'une des lumières A et B et dont les intensités sont, en représentant par I et I′ les intensités de ces radiations à la fente, et par i et s les angles que font les sections principales de la lame cristalline et du prisme de Wollaston avec le plan de polarisation primitif:

$$(A'') \qquad I\left[\cos.^2 s + \sin. 2\, i \sin. 2\,(i-s) \sin.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda}\right],$$

et

$$(B'') \qquad I'\left[\sin.^2 s - \sin. 2\, i \sin. 2\,(i-s) \sin.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda}\right];$$

Par suite de la disposition de l'appare s était tou-

Digitized by Google

jours égal à 90° et i à 45°; en réduisant on obtient pour la valeur des intensités :

$$(A'') \qquad I \sin.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda},$$

et

$$(B') \qquad I' \cos.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda}.$$

Les faisceaux A″ et B′ étant superposés, on a pour l'intensité résultante :

$$I \sin.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda} + I' \cos.^2 \pi \frac{O-E}{\lambda}.$$

Supposons $I > I'$; les maxima des bandes brillantes auront lieu quand la différence de marche sera égale à un multiple impair de la demi-longueur d'onde et leur valeur sera égal à I; les minima auront lieu au contraire quand la différence de marche sera un multiple pair de la demi-longueur d'onde et auront pour intensité I′.

Si on fait $I = I'$, la somme des intensités est constante quelle que soit la différence de marche, et l'œil ne perçoit plus dans la portion considérée de la partie commune M N qu'un éclat uniforme.

Dans cette méthode, comme dans celles de MM. Babinet, Jamin, Wild, ... l'œil n'a plus à comparer directement deux surfaces voisines éclairées chacune par une des deux lumières observées; il doit simplement constater la présence ou la disparition des bandes, et l'on sait que ces sortes de phénomènes sont susceptibles d'être appréciés avec une bien plus grande exactitude.

J'analyse de cette manière toute l'étendue des spectres, région par région, prenant toujours comme caractère de l'égalité de deux radiations, la disparition des bandes dans la région correspondante.

Pour amener à l'égalité les radiations de certaines lon-

Digitized by Google

gueurs d'onde, provenant chacune d'une des moitiés de la fente, j'ai employé deux modes de mesure différents ; le premier consiste dans le rapprochement ou l'éloignement d'une des lumières, le second dans l'emploi d'un prisme de Foucault analyseur.

Premier mode de mesure (variations des distances).

Le premier mode de mesure que j'ai employé consistait faire varier les distances des lumières à la fente, jusqu'à ce que j'obtinsse successivement la disparition des franges dans les diverses parties du spectre. Le rapport des carrés des deux lumières à la fente, donnait, dans chaque cas, le rapport des radiations examinées. Les deux lumières A et B étaient placées sur un banc x, y (*fig.* 1), à des distances de la fente f qui étaient mesurées à l'aide d'échelles divisées, fixées à ce banc.

Les rayons lumineux, dirigés suivant l'axe de l'instrument, par deux petits prismes p à réflexion totale placés l'un au-dessus de l'autre devant la fente, traversent, comme il a été dit, successivement la lentille C du collimateur, le polariseur F, le quartz Q et le prisme de Wollaston W, et ne pénètrent ensuite dans les prismes P dispersifs et la lunette, qu'après avoir passé à travers une lame de glace G convenablement inclinée, qui a pour but de compenser l'inégalité introduite dans les intensités des deux faisceaux lumineux polarisés à angle droit au sortir du prisme de Wollaston, par suite de leur réflexion sur les faces du prisme dispersif.

Supposons, en effet, que des radiations rouges, par exemple, provenant des sources A et B aient la même intensité en arrivant sur la fente ; ces deux groupes de rayons lumineux se divisent chacun au sortir du prisme de Wollaston, en deux nouveaux groupes d'égale intensité et polarisés à angle droit. Les faisceaux A′ et B′ (*fig.* 3) sont polarisés dans le plan horizontal, et les

Digitized by Google

faisceaux A″ et B″, dans le plan vertical; de plus, ces quatre faisceaux ont des intensités égales.

Suivons les deux faisceaux B′ et A″, qui doivent se superposer en partie dans la portion MN, commune aux deux spectres.

L'intensité du faisceau A″, polarisé dans le plan vertical, et, par conséquent, perpendiculairement au plan d'incidence du prisme dispersif, étant représentée par 1, deviendra, en pénétrant dans ce prisme :

$$\frac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r) \cos.^2(i-r)};$$

en désignant par i et r les angles d'incidence et de réfraction; le prisme étant placé au minimum de déviation, le faisceau subira encore la même perte au sortir du prisme, et son intensité sera :

$$\left[\frac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r) \cos.^2(i-r)}\right]^2. \qquad (a)$$

L'intensité du faisceau B′, polarisé dans le plan d'incidence, prendra la valeur :

$$\frac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r)}$$

en entrant dans le prisme; à la sortie, l'intensité sera :

$$\left[\frac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r)}\right]^2. \qquad (b)$$

Les deux groupes de radiations A″ et B′, qui avaient encore des intensités égales au sortir du prisme de Wollaston, ont maintenant, par suite de leurs passages à travers le prisme dispersif, des intensités différentes dont le rapport est égal à :

$$\frac{a}{b} = \frac{I}{\cos.^4(i-r)}. \qquad (c)$$

Digitized by Google

On voit que ce rapport n'est pas constant et qu'il augmente avec la réfrangibilité des diverses radiations. C'est pour compenser l'inégalité introduite entre les deux faisceaux A″ et B′ par le prisme dispersif, que j'ai placé une lame de glace entre le prisme de Wollaston et le prisme dispersif (*fig.* 1).

Lame correctrice. — Dans mes premières expériences, j'ai employé, ainsi que je viens de l'exposer, pour corriger l'influence du prisme dispersif, une lame de glace mobile autour d'un axe horizontal, et placée sur le trajet des rayons lumineux à la suite du prisme de Wollaston.

Je vais montrer que, quelle que soit la valeur du rapport $\frac{a}{b}$, il y a toujours une inclinaison i de la lame qui introduit entre les deux faisceaux une inégalité de sens contraire à celle qui est due au prisme dispersif.

Représentons encore par 1 les intensités des deux radiations B′ et A″ à leur sortie du prisme de Wollaston, par i l'angle d'incidence des rayons sur la lame, et par r l'angle de réfraction à l'intérieur, l'intensité du faisceau A″ polarisé dans le plan vertical, c'est-à-dire dans le plan d'incidence, deviendra, en pénétrant dans la lame :

$$u = \frac{\text{sin. } 2\,i \text{ sin. } 2\,r}{\text{sin.}^2 (i + r)},$$

et à la sortie :

$$u^2 = \left[\frac{\text{sin. } 2\,i \text{ sin. } 2\,r}{\text{sin.}^2 (i + r)}\right]^2$$

si l'on néglige les faisceaux secondaires dus aux réflexions multiples à l'intérieur de la lame.

Comme ces faisceaux secondaires ont des intensités assez considérables, relativement aux erreurs d'observations que comporte la méthode, il y a lieu d'en tenir compte Or, on sait que si on représente par u l'intensité

Digitized by Google

du faisceau réfracté, l'intensité a_1 du faisceau émergent et résultant de la superposition du faisceau direct et des divers faisceaux réfléchis à l'intérieur d'une lame de glace est donnée par la formule :

$$a_1 = \frac{u}{2-u}.$$

Nous aurons donc pour l'intensité totale du faisceau A″, à la sortie de la lame :

$$a_1 = \frac{\dfrac{\sin. 2i \sin 2r}{\sin.^2(i+r)}}{2 - \dfrac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r)}} = \frac{\sin. 2i \sin. 2r}{2\sin.^2(i+r) - \sin. 2i \sin. 2r}.$$

Le faisceau B′ polarisé dans le plan horizontal nous donnera de même :

$$b_1 = \frac{\dfrac{\sin. 2i \sin. 2r}{\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r)}}{2 - \dfrac{\sin. 2i \sin 2r}{\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r)}},$$

$$= \frac{\sin. 2i \sin. 2r}{2\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r) - \sin. 2i \sin. 2r}.$$

Le rapport $\frac{a_1}{b_1}$ doit être égal à l'inverse du rapport $\frac{a}{b}$, afin de détruire l'inégalité introduite par le prisme dispersif, on aura donc :

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{b}{a}.$$

En remplaçant a_1 et b_1 par leurs valeurs, on a successivement :

$$\frac{b}{a} = \frac{\dfrac{\sin. 2i \sin. 2r}{2\sin.^2(i+r) - \sin. 2i \sin. 2r}}{\dfrac{\sin. 2i \sin. 2r}{2\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r) - \sin. 2i \sin. 2r}},$$

Digitized by Google

$$\frac{b}{a} = \frac{2\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r) - \sin.2i\sin.2r}{2\sin.^2(i+r) - \sin.2i\sin.2r},$$

$$= \frac{\sin.^2 i\cos.^2 i + \sin.^2 r\cos.^2 r}{\sin.^2 i\cos.^2 r + \sin.^2 r\cos.^2 i}.$$

En divisant par :

$$\sin.^2 r,$$

et en remarquant que :

$$\frac{\sin.^2 i}{\sin.^2 r} = n^2,$$

on obtient :

$$\frac{b}{a} = \frac{n^2\cos.^2 i + \cos.^2 r}{n^2\cos.^2 r + \cos.^2 i}$$

et enfin

$$\frac{b}{a} = \frac{n^4 - n^4\sin.^2 i + n^2 - \sin.^2 i}{n^4 - 2n^2\sin.^2 i + n^2};$$

d'où l'on tire :

$$\sin.^2 i = \frac{\left(n^4+n^2\right)\left(1-\frac{b}{a}\right)}{n^4+1-2n^2\frac{b}{a}}.$$ (1)

J'ai déterminé, à l'aide de l'égalité (*c*) (p. 21), les valeurs que pouvait prendre le rapport $\frac{a}{b}$ pour les radiations extrêmes, le prisme étant formé d'un flacon renfermant du sulfure de carbone et d'un angle réfringent de 60° ;

(1) J'ai déterminé les indices de réfraction de la lame de glace pour les rayons rouges et les rayons violets, à l'aide de la méthode indiquée par M. Jamin dans son mémoire sur la polarisation métallique. On sait que cette méthode consiste à faire réfléchir par la lame de verre un faisceau primitivement polarisé dans l'azimut 45°, et à chercher ensuite l'incidence i pour laquelle le faisceau est encore complètement polarisé. L'azimut A du nouveau plan de polarisation et l'angle d'incidence étant donné par l'expérience, on calcule alors l'angle r par la formule :

$$\text{Tang. } r = \frac{\text{Tang. } (45^\circ - A)}{\text{Tang. } i};$$

connaissant i et r, on en déduit la valeur de n pour la radiation considérée.

Digitized by Google

Pour les rayons rouges (raie B) on trouve :

$$\frac{a}{b} = \frac{0{,}8529}{0{,}6401} = 1{,}3325;$$

d'où l'on déduit :

$$\frac{b}{a} = 0{,}75048.$$

Cette valeur transportée dans la formule (1) donne pour l'angle d'incidence :

$$i_r = 55^\circ\ 29'\ 55''.$$

Pour corriger l'influence du prisme dispersif, la lame correctrice doit donc faire avec les rayons rouges issus du prisme de Wollaston un angle de 55° 29′ 55″.

Si on fait le même calcul pour les rayons violets (raie H) on trouve que l'angle d'incidence doit être égal à

$$i_v = 58^\circ\ 47'\ 20''.$$

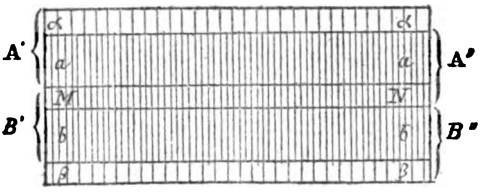
On ne peut évidemment pas calculer pour les différentes régions du spectre la position que doit occuper la lame pour compenser les inégalités introduites par le prisme dispersif; les calculs seraient trop longs et trop nombreux, et on n'aurait pas, d'ailleurs, la certitude d'atteindre dans chaque cas l'inclinaison convenable. En outre, le prisme dispersif devrait être amené chaque fois au minimum de déviation. Dans ces conditions, la méthode de correction précédemment décrite serait d'une utilité bien restreinte, si par la disposition même de l'appareil on n'avait un moyen absolument exact de placer la lame, sans calcul et sans tâtonnement, dans la position qu'elle doit occuper, pour neutraliser complètement les inégalités introduites par le prisme dispersif entre les radiations observées.

Dans la *fig.* 3, j'ai supposé pour simplifier que l'angle de duplication du prisme de Wollaston était tel que les spectres B′ et A″ seuls fussent en partie superposés; en

Digitized by Google

réalité, il n'en est pas ainsi. L'angle de duplication étant très-faible, le spectre A′ (*fig.* 4) est superposé en partie

Fig. 4.



avec le spectre A″. de même B′ est superposé en partie avec B″; c'est encore dans la partie moyenne M N que coïncident les systèmes de bandes provenant des faisceaux A″ et B′, et que l'on doit rendre égaux successivement dans chaque région du spectre, par la variation des distances des lumières à la fente. La superposition des systèmes A′ et A″ forme une bande *a a*, constituée en chaque point par des radiations de mêmes réfrangibilités, émises par la même lumière A et dont les bandes d'interférence alternent les unes avec les autres. Il en est de même des faisceaux B′ et B″ qui forment une bande semblable *b b*. Nous avons vu que le but de la lame correctrice était de compenser l'inégalité introduite par le prisme dispersif entre les intensités des faisceaux lumineux polarisés à angle droit à leur sortie du prisme de Wollaston; or, cette inégalité sera absolument annulée quand, pour des radiations déterminées, les bandes d'interférence disparaîtront entièrement dans la portion des bandes *a a* et *b b* correspondants à cette radiation.

L'ensemble des spectres présente alors l'aspect suivant : En haut, on voit un spectre cannelé α α dont les bandes noires sont absolument obscures et correspondent au faisceau lumineux A′ provenant de la lumière A et polarisé dans le plan horizontal; au-dessous du spectre α α on voit la bande *a a* formée, comme nous l'avons dit plus haut, par les faisceaux A′ et A″ polarisés à angle droit. Cette bande ne présente que des maxima

Digitized by Google

et des minima peu intenses et qui doivent disparaître successivement dans les diverses régions du spectre quand la lame correctrice est convenablement inclinée.

Au-dessous de ces spectres se trouve la bande moyenne M N dans laquelle se fait la comparaison proprement dite des intensités lumineuses des diverses radiations émises par les sources A et B. Au-dessous de cette bande est placée la bande *b b* qui, comme *a a*, est formée par les faisceaux B′ et B″ provenant de la lumière B et polarisés à angle droit. Les franges d'interférence disparaissent simultanément dans les bandes *a a* et *b b*. Enfin, à la partie inférieure, on voit un spectre β β à minima obscurs formé seulement par le faisceau B″.

On peut, à la rigueur, se passer de la lame correctrice en faisant deux observations successives après avoir fait tourner le prisme de Wollaston de 180° autour de son axe.

Soient en effet I et I_1, les intensités des deux radiations semblables émises par les lumières A et B placées respectivement aux distances D et D_1 de la fente.

L'intensité à la fente des radiations venant de A sera $\frac{I}{D^2}$ et l'intensité des radiations venant de B, $\frac{I_1}{D_1{}^2}$. Chacun de ces faisceaux A et B vient se dédoubler dans le prisme de Wollaston et former les faisceaux A′, A″ et B′, B″. Considérons seulement les deux faisceaux A″ et B′ polarisés à angle droit qui viennent former dans la lunette, après leur passage dans le prisme dispersif, la bande commune M N aux divers spectres. Ces faisceaux ont subi la même perte d'intensité en traversant les différentes pièces de l'appareil qui précèdent le prisme dispersif; leurs intensités pourront être représentées par $K\frac{I}{D^2}$ et $K\frac{I_1}{D_1{}^2}$. Le prisme dispersif agit différemment sur chacun de ces faisceaux; représentons par $f(i)$ l'action de ce prisme sur le faisceau A″ polarisé verticalement, et par $\varphi(i)$

Digitized by Google

l'action sur le faisceau B′ polarisé horizontalement, les intensités deviendront finalement :

$$K\frac{I}{D^2}f(i) \text{ et } K\frac{I_1}{D_1{}^2}\varphi(i).$$

Quand les bandes d'interférence disparaissent dans la région des spectres occupée par ces radiations, les intensités sont égales et l'on a :

$$K\frac{I}{D^2}f(i) = K\frac{I_1}{D_1{}^2}\varphi(i). \quad (1)$$

Si on tourne alors le prisme de Wollaston de 180°, autour de son axe, le faisceau A sera polarisé dans le plan horizontal et son intensité sera $K\frac{I}{D^2}\varphi(i)$; de même, le faisceau B polarisé sur le plan vertical aura maintenant pour intensité $K\frac{I_1}{D_1{}^2}f(i)$, les franges apparaissent maintenant dans la partie moyenne M N où se fait la comparaison; pour la faire disparaître, il faudra changer la distance d'une des lumières B, par exemple, à la fente, et on aura encore, quand l'égalité des intensités sera atteinte :

$$K\frac{I}{D^2}\varphi(i) = K\frac{I_1}{D'_1{}^2}f(i). \quad (2)$$

Multiplions l'une par l'autre les égalités (1) et (2), nous aurons :

$$\frac{I^2}{D^4} = \frac{I_1{}^2}{D_1{}^2 D'_1{}^2};$$

ou

$$\frac{I}{I_1} = \frac{D^2}{D_1 D'_1}.$$

Cette disposition doit être employée quand les lumières observées ont peu d'intensité. Le prisme de Wollaston est alors placé dans une monture spéciale qui permet de le faire tourner exactement de 180° autour de son axe.

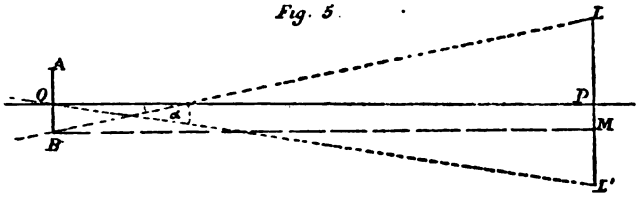
Digitized by Google

Diamètre apparent des sources lumineuses. — Dans cette méthode de mesure par les variations des distances, comme dans les méthodes analogues, il est nécessaire, qu'après avoir traversé la fente, la lumière émise par chacune des lumières, tombe intégralement sur la lentille de collimateur.

En effet, la fente à cause de ses faibles dimensions, joue ici le rôle de la petite ouverture des chambres obscures simples, et les rayons qui la traversent, forment sur la lentille une image renversée du corps lumineux. Si cette image par suite des dimensions trop grandes de la flamme, ou de la distance trop petite de la lumière à la fente, ne tombe pas entièrement sur la lentille, l'intensité des faisceaux lumineux qui sont reçus dans l'appareil après avoir traversé la lentille du collimateur, n'augmente plus, par le rapprochement de cette lumière; on n'est plus, dans ce cas, dans les conditions indispensables, pour la mesure des intensités lumineuses. Je vais calculer, pour mon appareil, le diamètre apparent maximum des lumières vues de la fente, diamètre qui ne devra jamais être dépassé.

Représentons (*fig.* 5) par LL′ l'ouverture de la lentille

Fig. 5.



du collimateur, par PO la distance focale principale et par AB la hauteur totale de la fente; AO, est la moitié supérieure de la fente éclairée par l'une des lumières, et OB la moitié inférieure éclairée par la deuxième lumière, les lignes BL et OL′ représentent les rayons les plus divergents que la lentille peut recevoir de la partie OB

Digitized by Google

de la fente ; l'angle α formé par les lignes BL et OL′ sera donc l'angle maximum que pourra sous-tendre la lumière vue de la fente, si on veut que tous les rayons qui traversent la fente OB tombent sur la lentille.

L'angle α est égal à la somme des angles LBM et POL′.

Or,

$$\text{Tang. } \alpha = \text{Tang. } (\text{LBM} + \text{POL}') = \frac{\text{Tang. LBM} + \text{Tang. POL}'}{1 - \text{Tang. LBM Tang. POL}'}.$$

Si on représente par R le demi-diamètre LP de la lentille, par h la hauteur de la demi-fente OB et la distance focale OP par L, on a

$$\text{Tang. LBM} = \frac{R + h}{L},$$

et

$$\text{Tang. POL}' = \frac{R}{L},$$

d'où l'on déduit :

$$\text{Tang. } \alpha = \frac{\frac{R+h}{L} + \frac{R}{L}}{1 - \frac{(R+h)R}{L^2}} = \frac{L(2R+h)}{L^2 - R^2 - Rh}. \quad (a)$$

Dans mon appareil,

$$R = 12 \text{ mill. } 5$$
$$L = 270 \text{ »}$$
$$h = 2 \text{ »}$$

En transportant ces valeurs dans la formule précédente, on trouvera :

$$\alpha = 6^\circ 8'.$$

Digitized by Google

Voici aux différentes distances de la fente, les hauteurs que les lumières ne doivent pas dépasser :

à 25 cent.	. . . .	29 mill.
à 50 »	. . . .	56 »
à 75 »	. . . .	72 »
à 1 mètre.	. . . .	107 »

Si on fait dans la formule (*a*) $h = o$, α' sera l'angle maximum que pourront sous-tendre les lumières dans le plan horizontal. En effectuant les calculs, on trouve : $\alpha' = 5°4'$

Deuxième mode de mesure. — Distances constantes des lumières. — Prisme analyseur.

La méthode que je viens de décrire présente l'inconvénient d'exiger des sources lumineuses de petites dimensions ; quand on emploie des sources très-intenses et en même temps peu étendues comme la lumière Drummont ou une spirale de fil de platine portée au blanc par un courant, on peut faire varier les distances dans des limites étendues et obtenir de bons résultats par cette méthode. Mais dans le cas le plus fréquent, les sources lumineuses employées dans l'éclairage ordinaire présentent presque toutes des dimensions assez considérables et peu d'éclat ; on est donc obligé, pour obtenir des spectres intenses, de rapprocher les lumières, et la méthode n'est plus applicable. J'ai rendu, dans ce cas, les distances des sources lumineuses à la fente constantes, et j'ai fait varier les intensités des faisceaux au sortir du prisme de Wollaston à l'aide d'un prisme analyseur.

Pour cela, un prisme de Foucault, taillé de façon que ses faces d'entrée et de sortie soient normales aux rayons

Digitized by Google

qui les traversent, est monté au centre d'un cercle divisé, sur lequel une alidade solidaire du prisme indique l'angle de la section principale avec la ligne des zéros qui est verticale.

Comme dans la disposition précédente, supposons que la moitié supérieure de la fente soit éclairée par les rayons de la lumière B et la moitié inférieure par les rayons de la lumière A, et que les intensités d'une certaine radiation commune aux deux lumières soient, à la fente, I_1 et I. Le faisceau provenant de A, donnera au sortir du prisme de Wollaston les deux faisceaux A′ et A″ polarisés à angle droit et dont les intensités égales entre elles peuvent être représentées par KI. Le faisceau provenant de B, donnera de même les deux faisceaux B′ et B″ polarisés à angle droit et dont les intensités égales seront KI_1.

En traversant le prisme de Foucault dont la section principale fait un angle α avec la section principale du prisme de Wollaston, ces quatre faisceaux deviendront:

$$\begin{cases} A \begin{cases} A' = K I \cos.^2 \alpha \\ A'' = K I \sin.^2 \alpha \end{cases} \\ B \begin{cases} B' = K I_1 \cos.^2 \alpha \\ B'' = K I_1 \sin.^2 \alpha \end{cases} \end{cases}$$

Ces nouveaux faisceaux sont maintenant polarisés tous les quatre dans le plan perpendiculaire à la section principale du Foucault; il en résulte que le prisme dispersif ne peut plus introduire entre eux la moindre inégalité d'intensité; ces faisceaux viennent donc former dans la lunette des images spectrales, dont les intensités sont respectivement proportionnelles aux intensités qu'ils avaient en quittant le Foucault. La portion moyenne MN où se fait la comparaison est encore formée par la superposition partielle des systèmes A″ et B′; quand les franges d'interférence disparaîtront dans une région déterminée de ces spectres, les radiations correspondantes

Digitized by Google

auront la même intensité et l'on aura en ce point : $A''=B'$ ou :

$$K\,I\,\sin.^2\alpha = K\,I_1\,\cos.^2\alpha$$

d'où

$$\frac{I_1}{I} = \mathrm{Tang.}^2\alpha.$$

Quand on fait tourner le prisme de Foucault au-delà des positions pour lesquelles l'égalité est atteinte dans la partie moyenne, on voit les spectres A″ et B″ polarisés dans le même plan avant leur passage dans l'analyseur augmenter d'intensité ; et les spectres A′ et B′ s'effacer au contraire peu à peu. Si on continue le mouvement, ces derniers spectres reprennent leur intensité maxima tandis que les spectres A″ et B″ disparaissent à leur tour.

Dans cette méthode, les faisceaux lumineux qui sortent de l'analyseur pour traverser le prisme dispersif sont tous polarisés dans le même plan, qui est le plan perpendiculaire à la section principale du Foucault; la réfraction à l'entrée et à la sortie du prisme dispersif ne peut plus dès lors introduire d'inégalité entre les différentes espèces de faisceaux, puisqu'ils sont tous ramenés à vibrer dans le même plan, et par conséquent les mesures ne peuvent être entachées d'inexactitude de ce côté ; mais il y a un autre inconvénient à éviter, c'est la variation générale des intensités de tous les spectres quand on tourne le prisme de Foucault.

On sait, en effet, que si l'on désigne par i et r les angles d'incidence et de réfraction des rayons lumineux qui pénètrent dans le prisme dispersif et par α l'angle du plan de polarisation avec le plan d'incidence, les formules de Fresnel donnent pour l'intensité R du faisceau réfracté :

$$R = \sin.\,2r\ \sin.\,2i\left(\frac{\cos.^2\alpha}{\sin.^2(i+r)} + \frac{\sin.^2\alpha}{\sin.^2(i+r)\cos.^2(i-r)}\right).$$

Digitized by Google

Sous le minimum de déviation et pour les angles de 60° et 30°, valeurs extrêmes que ne dépasse pas α, on trouve :

$$R_{60} = 0{,}70.$$
$$R_{30} = 0{,}79.$$

Pour une rotation de la section principale égale à 30°, les intensités de tous les faisceaux varient donc dans le même rapport que 0,70 et 0,77 soit à peu près comme 0,885 : 1.

On peut parer à cet inconvénient en interposant entre le prisme de Foucault et le prisme dispersif une lame épaisse de spath, taillée parallèlement à l'axe et qui ramène à l'état naturel les faisceaux polarisés. Cette lame est collée contre la face de sortie du prisme de Foucault, de telle façon que sa section principale fasse un angle de 45° avec celle de Foucault.

Les spectres lumineux ont alors des intensités qui ne dépendent plus de la position du plan de polarisation, et leurs intensités restent constantes.

Pertes de lumière dues à ces deux méthodes.

1° Dans la méthode de mesure par la variation des distances, les deux faisceaux lumineux égaux à la sortie du prisme de Wollaston subissent de nouvelles pertes de lumière par leurs passages à travers la lame de verre correctrice, et à travers le prisme dispersif.

Les intensités des radiations rouges des faisceaux A″ et B′ polarisés à angle droit deviennent au sortir du prisme 0,8529 et 0,64; la lame correctrice agit en sens inverse, en faisant subir à A″ et B′ de nouvelles modifications d'intensité respectivement égales à 0,64 et 0,8529; ces deux faisceaux sont alors égaux tous deux à $0{,}8529 \times 0{,}64 = 0{,}544$.

Digitized by Google

La perte de lumière due à cette méthode est donc égale à $1 - 0{,}544 = 0{,}456$ soit 45,6 p. °/₀ pour le rouge.

2° Dans la deuxième méthode de mesure, les deux faisceaux que nous supposons, pour simplifier, encore égaux au sortir du prisme de Wollaston, subissent des pertes plus considérables que dans la première méthode; les pertes résultent du passage de la lumière à travers le prisme de Foucault, la lame de spath et le prisme dispersif.

L'angle des prismes constitutifs du Foucault dont je me suis servi est de 40°, et ses faces d'entrée et de sortie sont normales à la direction des rayons lumineux.

Suivons le rayon polarisé dans le plan vertical.

PRISME DE FOUCAULT

Intensité de la composante extraordinaire après que le faisceau a franchi la surface d'entrée . . . . . $A_1 = 0{,}5 \times 0{,}9614$

Après les deux réflexions partielles sur les surfaces intérieures. . . . . $A_2 = 0{,}5 \times 0{,}9614 \times 0{,}9185^2$

Après la sortie du prisme . . $A_3 = 0{,}5 \times 0{,}9614^2 \times 0{,}9185^2$

LAME DE SPATH.

Après les deux réflexions normales :

$$A_4 = 0{,}5 \times 0{,}9614^2 \times 0{,}9185^2 \times 0{,}950^2$$

PRISME DISPERSIF

Après le passage à travers le prisme dispersif :

$$A_5 = 0{,}5 \times 0{,}9614^2 \times 0{,}9185^2 \times 0{,}950^2 \times 0{,}745$$

En effectuant les calculs, on trouve que l'intensité du faisceau transmis a une valeur égale à :

$$A_5 = 0{,}265.$$

Par cette méthode la perte de lumière est donc égale à $1 - 0{,}265 = 0{,}735$ soit 73,5 p. °/₀.

Ces divers nombres ont été calculés pour les rayons jaunes, par les formules de la réflexion cristalline.

Quoique la première méthode absorbe moins de

Digitized by Google

lumière que la seconde, elle présente des inconvénients qui font que je l'ai moins souvent employée[1].

Dans tout ce qui précède, j'ai toujours supposé que la plaque de quartz parallèle à l'axe, et dans laquelle les faisceaux lumineux contractent cette différence de marche qui se traduit dans les spectres par les bandes d'interférence, n'introduisait par la réflexion aucune inégalité entre les faisceaux ordinaire et extraordinaire qui s'y forment.

J'ai cherché également à voir si le prisme de Wollaston agissait de la même manière sur les deux faisceaux lumineux qui s'y forment par dédoublement et qui en sortent polarisés à angle droit. Dans ce but, le prisme de Wollaston pouvait tourner de 180° autour de son axe, de telle façon que le faisceau A, qui était polarisé, dans la première position du prisme, dans le plan vertical, devînt polarisé dans le plan horizontal, dans la deuxième position du prisme. On mesurait l'angle α, qui amenait chaque fois la disparition des bandes d'interférence; et on trouva que cet angle restait absolument constant.

Le prisme de Wollaston n'introduit donc aucune différence d'intensité entre les deux faisceaux lumineux qui s'y forment.

(1) Dans les expériences de MM. Fizeau et Foucault sur les interférences de deux rayons présentant une grande différence de marche, le prisme dispersif était placé immédiatement après la lame biréfringente, l'analyseur étant à l'oculaire de la lunette. Dans ces conditions, les deux rayons ordinaire et extraordinaire étaient polarisés dans les azimuts $+ 45^0$ et $- 45^0$ par rapport au plan d'incidence du prisme dispersif, et le *degré d'ellipticité* produit par la lame biréfringente était altéré par le passage des rayons à travers le prisme. Le calcul de la position que devait occuper la lame correctrice, dans ce cas, est très-compliqué et dépend d'une équation du 4e degré; aussi était-ce par tâtonnement que les illustres physiciens plaçaient la lame dans la position convenable.

Dans la disposition que j'ai adoptée, les plans de polarisation des faisceaux lumineux sont ramenés par le prisme de Wollaston, qui joue le rôle d'analyseur, dans les plans principaux du prisme dispersif; l'ellipticité ne peut plus être altérée et la lame compense simplement l'inégalité introduite entre les faisceaux lumineux par le prisme dispersif.

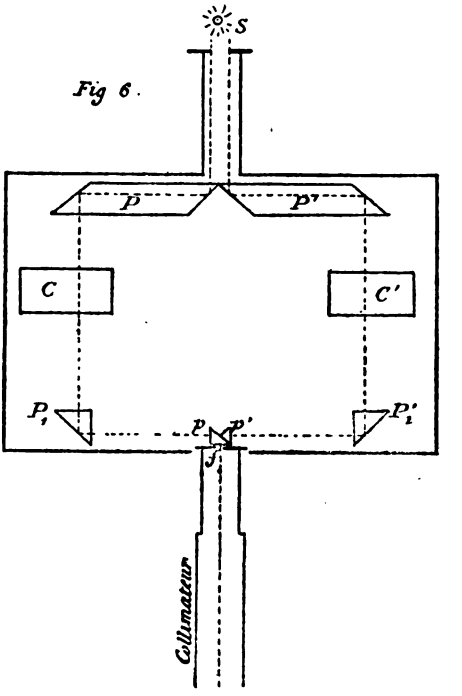
Digitized by Google

Réglage de l'appareil.

Lumières. — Les lumières doivent être placées exactement à la même hauteur, et perpendiculairement à l'axe de l'appareil; les rayons lumineux, après leur réflexion sur les petits prismes $p\ p'$ à réflexion totale placés devant la fente, doivent tomber complètement sur la lentille du collimateur. Si les lumières doivent occuper des distances variables, il est essentiel de s'assurer, ainsi qu'on l'a vu plus haut (page 29), que tous les rayons qui ont traversé la fente viennent former les images totales des corps lumineux sur la lentille.

Certaines expériences ont été faites avec une seule lumière (*fig.* 6) placée sur le prolongement de l'axe de l'appareil; le faisceau lumineux arrive, dans ce cas, sur deux parallélipipèdes P P′, à réflexion totale, qui divisent ce faisceau en deux autres égaux et les renvoient sur deux prismes $P_1\ P_1'$, sur lesquels ces faisceaux se réfléchissent dans la direction des petits prismes $p\,p'$ de la fente; entre les parallélipipèdes PP′ et les prismes $P_1\ P_1'$, on peut interposer des cuves C C′ contenant les solutions ou les corps dont on veut étudier l'absorption.

Fig 6.



Fente. — La fente doit être placée verticalement et ses bords doivent être exactement parallèles entre eux. Cette

Digitized by Google

condition est *indispensable,* puisque la comparaison des diverses intensités est basée sur la superposition des deux moitiés de la fente, qui doivent, par conséquent, avoir chacune des éclats uniformes dans toute leur hauteur. Pour régler ce parallélisme, je me suis servi avec avantage des franges de diffraction que l'on aperçoit, quand on regarde une ligne lumineuse brillante, à travers la fente; les franges de diffraction sont parallèles entre elles, quand les bords de la fente ont partout exactement la même largeur.

La fente est placée ensuite au foyer principal de l'objectif du collimateur.

Prisme de Wollaston. — Le prisme de Wollaston étant seul en place, entre le collimateur et la lunette, on voit alors une image double de la fente. Quand la section principale du prisme de Wollaston est exactement parallèle à la fente, les deux images sont en partie superposées; dans le cas contraire, les deux images se détachent nettement l'une à côté de l'autre. Un mouvement de rappel est disposé pour opérer ce réglage avec la plus grande précision. On ne saurait apporter trop de soins à cette opération, car le moindre défaut de coïncidence des deux images introduit dans les spectres une confusion telle, que toute mesure devient impossible; de plus, les bandes paraissent obliques dans la partie moyenne M N, où se fait la comparaison des intensités, et ne disparaissent plus complètement.

Prisme de Foucault polariseur. — Le polariseur est ensuite placé dans sa monture de façon qu'il éteigne complètement l'une des images de la fente, l'image ordinaire, par exemple; sa section principale se trouve alors dans un plan parallèle à la fente, et les rayons qui traversent ce prisme sont polarisés dans le plan horizontal. Il faut avoir soin, en outre, que l'axe du prisme soit bien centré, afin d'éviter dans les spectres,

Digitized by Google

ces bandes d'interférences en éventail, provenant des anneaux transmis qui se forment dans la lame d'air du prisme de Foucault.

Lame de quartz. — La lame de quartz parallèle à l'axe est placée normalement sur le trajet des rayons lumineux, et sa section principale doit faire un angle de 45° avec le plan vertical ; pour placer la lame dans cette position, on a tracé à la surface un trait de diamant qui fait avec la direction de l'axe un angle de 45° ; ce trait, vu directement doit être parallèle à la fente. Il est bon que la section principale de lame soit placée le plus exactement possible dans cette direction, car c'est dans cette situation que les franges d'interférence ont la plus grande intensité.

Prisme de Foucault analyseur. — On règle la position de ce prisme dans sa monture, de façon que l'une des deux images de la fente disparaisse complètement lorsque le zéro du vernier coïncide avec le zéro ou le 90° de la division du cercle gradué. Il est important que la rotation du prisme ne décentre pas les faisceaux lumineux qui le traversent ; s'il en était autrement, les mesures seraient encore exactes, mais les diverses radiations ne resteraient pas en coïncidence avec les mêmes divisions du micromètre. Quand les prismes de Foucault décentrent les images, cela peut tenir à ce que les deux parties prismatiques n'ont pas exactement le même angle, mais le plus souvent les deux prismes ont tourné légèrement l'un par rapport à l'autre, et leur ensemble constitue alors une sorte de diasparomètre d'un angle réfringent très-faible, qui suffit néanmoins pour décentrer les images quand on fait tourner ce prisme.

La lame de spath est fixée à la monture mobile du prisme de Foucault, de manière que sa section principale soit à 45° de celle du prisme ; l'épaisseur de cette lame est égale à 10 millimètres.

Digitized by Google

Prismes dispersifs.— Dans mes premières expériences, j'ai employé d'abord deux prismes flacons renfermant du sulfure de carbone; la perte de lumière considérable que la réflexion sur les surfaces de ces prismes occasionne, m'a forcé à renoncer à ces prismes qui présentent en outre beaucoup d'autres inconvénients. J'ai finalement adopté un prisme d'Amici tiré d'un grand spectroscope à vision directe; ce prisme disperse fortement les faisceaux lumineux, présente l'avantage d'absorber peu de lumière et d'être d'un emploi commode.

Lunette.— La lunette et le collimateur font partie d'un excellent goniomètre de M. Brünner, leurs distances focales sont égales toutes deux à 270 mill.

L'objectif qui m'a donné les meilleurs résultats grossit six fois; la lunette est mobile autour d'un axe perpendiculaire à l'axe optique, afin que l'on puisse toujours amener le réticule sur les régions spectrales que l'on veut étudier. Un diaphragme percé d'une très-petite ouverture a été placé dans l'intérieur de la lunette, à l'endroit où se forment les images des spectres; de cette manière, l'œil n'est pas gêné par les rayons étrangers à l'observation et la sensibilité devient plus grande. L'oculaire porte un œilleton percé d'une ouverture beaucoup plus petite que la pupille afin de rendre les intensités des divers spectres indépendantes de la position de l'œil.

Lorsqu'on examine un objet lumineux à l'aide d'une lunette de Rochon, ou d'une lunette dont l'objectif est double comme l'héliomètre de Bouguer, les intensités des deux images ne conservent pas la même valeur, suivant qu'on élève l'œil ou qu'on l'abaisse; l'une des images s'affaiblit et l'autre image au contraire, gagne en intensité [1]. J'ai fait disparaître cette cause d'inexactitude dans mon appareil, en faisant usage d'un prisme de Wollaston possédant un angle de duplication très-faible et en diaphragmant convenablement l'œilleton.

[1] J.-B. Biot. — Traité élémentaire d'astronomie physique, t. 1, p. 196.

Digitized by Google

J'ai fait construire un certain nombre de prismes de divers angles, afin d'étudier l'influence de l'angle de duplication sur l'exactitude des mesures; j'ai constaté que le diaphragme doit être d'autant plus petit que le prisme sépare davantage les pinceaux lumineux, et que la meilleure disposition consistait dans l'emploi d'un prisme ayant un angle de duplication de 12′ 43″ avec un diaphragme de 4 millimètres de diamètre.

Il est indispensable que les surfaces qui terminent les différentes pièces placées entre le collimateur et la lunette soient travaillées avec la plus grande perfection.

On conçoit que si ces surfaces qui sont au nombre de douze, sans compter les faces du prisme dispersif, n'étaient pas absolument planes, les images des spectres seraient confuses et ne permettraient pas d'effectuer des mesures exactes. Il y a là une grande difficulté d'exécution qui a été parfaitement vaincue par les constructeurs.

DEUXIÈME PARTIE.

EXPÉRIENCES.

Épreuves préliminaires. — Avant de faire l'exposé des diverses déterminations que j'ai effectuées à l'aide de la méthode photométrique qui fait le sujet de ce travail, je rapporterai d'abord les épreuves auxquelles j'ai soumis mon appareil, dans le but de me rendre compte de l'influence de certaines circonstances sur la précision des mesures. J'ai déterminé d'abord la largeur la plus

Digitized by Google

convenable qu'il importait de donner aux bandes d'interférence ; puis, j'ai comparé entre eux les deux modes de mesure que j'ai décrits précédemment, la variation des intensités par le changement des distances, et la variation des intensités par le prisme de Foucault analyseur. J'ai ensuite mesuré pour les différentes régions du spectre et pour différentes intensités, les coefficients de précision correspondants.

Ces recherches préliminaires décrites, je rappellerai les principales déterminations que j'ai faites, pour connaître : 1° les intensités relatives des radiations constitutives des diverses sources lumineuses ; 2° pour montrer l'usage qu'on peut faire de cette méthode dans l'étude de l'absorption de la lumière par les milieux colorés.

Largeur des bandes d'interférence. — J'ai d'abord cherché à déterminer quelle était la largeur des bandes d'interférence qui donnait aux mesures la plus grande exactitude. Pour cela je fis usage de diverses lames cristallines de quartz ou de spath qui donnaient, suivant leurs épaisseurs, des bandes plus ou moins rapprochées. Toutes les autres circonstances étant d'ailleurs identiques, je fis avec chacune de ces lames vingt fois la même détermination des intensités relatives de deux radiations déterminées et de même longueur d'onde, provenant des sources lumineuses A et B ; des écarts des déterminations isolées sur la moyenne, je déduisis le coefficient de précision ou module de convergence, correspondant à chacune de ces lames. La comparaison des coefficients de précision permet de décider quelle est l'épaisseur la plus convenable que doit avoir la lame biréfringente. Avant d'entrer dans le détail de ces expériences, je crois devoir rappeler en peu de mots ce qu'on appelle coefficient de précision d'une série d'observations.

Digitized by Google

Coefficient de précision[1].— Quand on répète plusieurs fois la même observation dans des circonstances aussi près d'être identiques que possible, on obtient généralement des résultats différents. On sait que la valeur qui se rapproche le plus de la valeur exacte inconnue est la moyenne arithmétique de toutes les valeurs données par l'expérience, et que cette moyenne est d'autant plus près de la valeur exacte que les observations ont été plus nombreuses. Si on fait la différence de chacune des valeurs partielles avec la moyenne, on obtient une série d'erreurs, qui, au premier abord, ne paraissent obéir à aucune loi; mais à mesure que le nombre des observations augmente, on observe que les erreurs les plus petites sont les plus nombreuses; le calcul et l'expérience s'accordent à montrer que les erreurs se répartissent toujours suivant la loi de possibilité exprimée par la formule :

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2},$$

dans laquelle h représentant un paramètre variable avec la nature des observations, y exprime la probabilité d'une erreur de grandeur x.

Pour une espèce déterminée d'observations, l'expression :

$$P_a = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_0^a e^{-h^2 x^2} dx$$

représente la probabilité qu'une erreur x soit comprise entre les limites o et a, en sorte qu'il y a à parier P_a contre $1 - P_a$ qu'une erreur quelconque prise au hasard est plus petite en valeur absolue que a; en d'autres termes, sur m observations, on trouvera un nombre $m\,P_a$ d'erreurs plus petites que a et un nombre $m\,(1 - P_a)$ d'erreurs plus grandes que a.

Dans une seconde série d'observations faites dans des

[1] Liagre.— Calcul des probabilités et théorie des erreurs.— Bruxelles, 1852 (p. 178).

Digitized by Google

conditions différentes, la probalité $P_{a'}$ qu'une erreur x' soit comprise entre les limites o et a' sera de même :

$$P_{a'} = \frac{h'}{\sqrt{\pi}} \int_o^{a'} e^{-h'^2 x'^2} dx'.$$

Posons $hx = h'x' = t$, ce qui est toujours possible puisque x et x' ne sont déterminées que par la condition de ne pas dépasser en valeur absolue a et a'. Les deux expressions précédentes deviendront, en remarquant que les limites supérieures de t sont ah et $a'h'$:

$$P_a = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_o^{ah} e^{-t^2} dt$$

et

$$P_{a'} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_o^{a'h'} e^{-t^2} dt.$$

Ces expressions seront égales si l'on fait :

$$ah = a'h',$$

et comme on a de plus $hx = h'x'$, on en déduit

$$\frac{a}{x} = \frac{a'}{x'}.$$

En d'autres termes, il y aura dans la première série d'observations autant d'erreurs x entre o et a, qu'il y aura d'erreurs x' entre o et a' dans la deuxième série d'observations.

La relation $hx = h'x'$ indique que les grandeurs des erreurs possibles x et x' sont en raison inverse des constantes h et h', et les observations seront d'autant plus exactes que x et x' seront plus petits et h et h' plus grands. La constante h mesure donc la précision d'une série d'observations ; on lui donne le nom de *module de convergence* ou de *coefficient de précision*.

Digitized by Google

On démontre que, pour calculer h, on doit employer la formule suivante :

$$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}};$$

n étant le nombre des observations et Σe^2 la somme des carrés des erreurs.

Voici, comme exemple de la disposition du calcul, une série de dix observations destinées à la détermination des intensités relatives des radiations comprises entre les divisions 140 et 130 du micromètre et provenant de deux sources identiques placées à des distances égales de la fente.

Dans la première colonne sont inscrits les angles α du prisme de Foucault analyseur; dans la deuxième, les tangentes; dans la troisième, les carrés des tangentes, dont la somme divisée par le nombre des observations donne l'intensité moyenne; dans la quatrième colonne sont portées les différences de chacune des intensités et de leur moyenne; dans la cinquième les carrés de ces erreurs ou différences dont la somme est utilisée pour le calcul du coefficient de précision relatif à cette série.

Série B — 11

Micromètre 140 à 130, $\lambda = 0{,}000575$ (orangé).

α	Tang. α	Tang.^{2} α	e	e^2
45°	1,00000	1,0000	— 0,00196	0,000004
45° 13′	1,00759	1,0152	+ 0,01324	175
45° 6′	1,00350	1,0070	+ 0,00504	25
44° 51′	0,99498	0,9894	— 0,01256	158
44° 54′	0,99652	0,9930	— 0,00896	80
45°	1,00000	1,0000	— 0,00196	4
45° 10′	1,00583	1,0117	+ 0,00976	95
45° 3′	1,00175	1,0035	+ 0,00154	2
45° 3′	1,00175	1,0034	+ 0,00144	2
44° 57′	0,99826	0,9964	— 0,00556	31
	$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n}$	$= 1{,}00196$	$\sum e^2 = 0{,}000576$	

$$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}} = \sqrt{\frac{10}{2 \times 0{,}000576}}.$$

Digitized by Google

Les coefficients de précision d'une serie d'observations étant ainsi définis, on peut alors comparer les diverses dispositions expérimentales au point de vue des avantages qu'elles présentent, en mesurant pour chacune d'elles les coefficients de précision qui leur sont relatifs.

Influence de l'épaisseur des lames biréfringentes.

Les lames cristallines que j'ai successivement essayées étaient les suivantes :

(A) lame de quartz de 20,127 mill. d'épaisseur.
(B) lame de quartz de 9,9975.
(C) lame de spath de 4,004.
(D) id. 2,003.
(E) id. 1,001.
(F) id. 0,530, légèrement défectueuse.
(G) prismes de quartz à épaisseurs variables.

Les épaisseurs de ces lames ont été mesurées exactement au sphéromètre. Le parallélisme de l'axe aux surfaces a été vérifié pour chaque lame par la méthode de M. H. Soleil.

Pour obtenir une plus nombreuse série d'épaisseurs, j'ai associé les différentes lames en duplication parallèle ou croisée; les lames prismatiques constituaient en outre un système à épaisseurs variables permettant d'obtenir toutes les épaisseurs comprises entre 4 mill. et 7 mill. Ces dernières lames étaient renfermées dans une monture métallique disposée comme les compensateurs des saccharimètres et graduée directement en mill. d'épaisseur. Pour faire cette graduation, je disposai la double lame prismatique placée dans sa monture sur le miroir inférieur d'un appareil de Norremberg, et je neutralisai la lame de quartz B de 10 mill. d'épaisseur et dont la section principale était placée à 90° de la section des lames prismatiques, en faisan mouvoir les prismes en sens

Digitized by Google

inverse jusqu'à ce que la teinte noire caractéristique d'une lame d'épaisseur nulle apparût dans le champ de l'instrument. Les prismes de quartz traversés deux fois par la lumière avaient en ce moment une épaisseur moitié de celle de la lame B ; je marquai 5 mill. en ce point.

En procédant d'une manière analogue avec d'autres lames, j'obtins, pour un nouveau point de l'échelle, l'épaisseur 6 mill. 118; la distance de ces deux points était de 15 mill. 5 correspondant à une épaisseur de quartz de 1 mill. 118; par conséquent, un millimètre de quartz équivalait à un déplacement relatif de 13 mill. 864 des deux prismes.

L'échelle fut ensuite divisée en 1/10e de mill. d'épaisseur de quartz, c'est-à-dire en parties égales à 1 mill. 3864. Les épaisseurs utilisables pouvaient varier de 3 mill. jusqu'à 7 mill.

Pour connaître le coefficient de précision que chacun des systèmes de bandes d'interférence permet d'apporter dans les mesures, je fis avec chaque lame, pour les mêmes radiations, une série de vingt observations.

Dans le tableau suivant se trouvent les coefficients de précision correspondant à chaque épaisseur de quartz ou de spath. La première colonne contient la désignation des lames, le signe — indiquant que les sections principales sont croisées et que l'on a à prendre la différence des épaisseurs de ces lames; la deuxième colonne contient les épaisseurs ; la troisième, le nombre de franges m comprises entre les raies D et A calculés par la formule : $m = \mathrm{E}\left[\frac{r_o - r_e}{\lambda} - \frac{r'_o - r'_e}{\lambda'}\right]$, dans laquelle E est l'épaisseur de la lame biréfringente, r_o et r_e les indices de réfraction ordinaire et extraordinaire de la radiation dont la longueur d'onde est λ, et r'_o et r'_e les indices correspondants de la radiation λ'.

Dans la quatrième colonne sont portées les intensités moyennes résultant de chacune des séries de vingt obser-

Digitized by Google

vations; dans la cinquième colonne, les coefficients de précision et enfin dans la sixième les observations relatives à chacune de ces séries.

TABLEAU II.

Micromètre de 170 à 160. $\lambda = 0{,}000605$ (orangé).

	Désignation.	E	m	$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}}$	Observations.
		mill.			
QUARTZ.	A + B + G	35,125	55,75	80	Les bandes sont visibles, mais peu nettes.
	A + B....	30,125	47,80	93	
	A + B — G	25,125	39,90	80	
	A + G....	25, »	39,68	94	
	A.....	20, »	31,74	123	Les bandes sont très-nettes.
	A — G....	15, »	23,80	130	Id.
	B + G....	15, »	23,80	135	Id.
	B.....	10, »	15,87	140	Id.
	B — G....	5, »	7,93	111	Les bandes paraissent obliq
	G.....	3, »	4,76	80	Id.
SPATH.	C + D + E	7, »	233,33	»	On ne voit rien, même avec l'oculaire N° 2, grossissant 12 fois.
	C + D....	6, »	199,99	»	
	C + E....	5, »	166,66	»	On aperçoit les franges avec l'oculaire N° 2.
	C.....	4, »	133,32	»	
	C — E....	3, »	99,99	36	Bandes confuses, visibles.
	D.....	2, »	66,66	60	Assez nettes.
	E.....	1, »	33,33	68	Peu nettes.
	F.....	0,500	16,68	91	Très-confuses mais visibles

Il ressort, de ce tableau, que les coefficients de précision des séries dans lesquelles la différence de marche était obtenue avec les lames de quartz, sont beaucoup plus élevés que ceux des séries dans lesquelles on employait les lames de spath; cela peut tenir au grand pouvoir biréfringent du spath qui est vingt fois plus grand que celui du quartz et à la difficulté de travailler une matière aussi tendre. A moins donc de posséder des lames de spath travaillées avec une très-grande perfection, il est préférable de prendre le quartz pour produire les différences de marche. En outre, avec ce dernier cristal, la perte par réflexion est à peu près la

Digitized by Google

même pour le rayon polarisé dans le plan de la section principale, et pour le rayon polarisé perpendiculairement, ce qui n'existe pas pour le spath, comme je l'ai fait remarquer précédemment.

Si on examine maintenant l'influence de l'épaisseur de quartz sur la précision des mesures, toutes les autres conditions étant d'ailleurs les mêmes dans ces diverses expériences, on constate que les épaisseurs qui donnent les coefficients de précision les plus élevés sont comprises entre 10 mill. et 15 mill. Au-dessus de 15 mill. les bandes sont trop serrées et l'œil éprouve une certaine difficulté à les séparer; si cependant ou augmente le grossissement de l'oculaire, les bandes deviennent beaucoup plus visibles, mais elles perdent un peu de leur netteté.

Au-dessous de 10 mill. d'épaisseur, les bandes ne sont pas assez serrées, et il semble qu'elles ne disparaissent jamais complètement; la lame B, de 10 mill., est celle qui a toujours donné les meilleurs résultats; elle n'a, d'ailleurs, aucun défaut.

Ces déterminations ont toutes été faites dans la partie rouge du spectre qui commence au 160e trait du micromètre jusqu'au 170e.

Le 160e trait correspond à $\lambda = 0{,}000599{,}5$,
le 170e id. $\lambda = 0{,}000611$.

La longueur d'onde moyenne de cette région du spectre est égale à $\lambda = 0{,}000605{,}5$.

Il est possible que cette épaisseur constante de 10 mill. ne convienne pas également pour les différentes régions du spectre, à cause de l'inégale dispersion du prisme pour les radiations extrêmes; les bandes étant très-serrées dans le rouge et bien moins dans le violet. Je me propose de déterminer, par des recherches ultérieures, quelle est la largeur des bandes d'interférence qu'il convient de prendre pour les différentes parties du spectre.

Digitized by Google

Influence de la longueur d'onde et de l'intensité sur le coefficient de précision.

En faisant les déterminations que comporte la comparaison des diverses radiations de deux lumières différentes, j'ai reconnu que les séries que j'obtenais en vue d'établir une valeur aussi exacte que possible des intensités, étaient loin de présenter le même degré de précision dans toutes les parties du spectre. Ainsi, aux environs de la raie D, dans la partie la plus lumineuse du spectre, les angles ne diffèrent jamais les uns des autres de plus de 7 à 8 minutes; dans le rouge, au contraire, ou dans le bleu, les différences atteignent quelquefois 45 minutes et même un degré.

D'autre part, le coefficient de précision relatif à une radiation déterminée n'est pas constant quand les intensités absolues des lumières varient.

Il était donc important de déterminer: 1° le coefficient propre à chacune des parties du spectre pour une lumière d'intensité donnée; 2° de rechercher la relation qui existe entre les intensités d'une radiation donnée et le coefficient de précision.

Je fis dans ce but les expériences suivantes :

1° Variation des coefficients de précision avec les longueurs d'ondes.

Pour déterminer le coefficient de précision relatif à chaque région du spectre, je plaçai à une distance de la fente égale à 12c.5 une lampe de Drummond devant l'ouverture de l'appareil à prisme (*fig.* 6), spécialement destiné à l'étude de l'absorption; le faisceau lumineux émané de la lampe se divisait en deux faisceaux égaux qui venaient ensuite éclairer les moitiés inférieure et supérieure de la fente. Les petites variations possibles d'intensité se produisant alors de la même manière dans les deux faisceaux, les intensités relatives des mêmes

Digitized by Google

radiations de ces deux faisceaux conservaient toujours la même valeur.

Je déterminai alors, pour chaque région du spectre, l'intensité relative des radiations correspondantes, à l'aide d'une série de vingt observations dont les écarts sur leur moyenne servirent à calculer le coefficient de précision relatif à ces radiations. Cette opération fut répétée de 10 en 10 divisions du micromètre. J'obtins ainsi le tableau suivant; la première et la seconde colonne contiennent les divisions du micromètre; la troisième, la longueur d'onde moyenne correspondante; la quatrième, la moyenne des intensités de chacune des vingt observations qui constituent chaque série; enfin, la cinquième, le coefficient de précision correspondant.

TABLEAU III.

Distance de la lumière à la fente : D = 12 cent. 5. I = 1.

Couleurs.	Micromètre.	λ en millionièmes de millim.	$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2 \alpha}{n}$	$h = \sqrt{\frac{20}{2\Sigma e^2}}$	Observations.
Rouge....	240 à 230	705	1,01060	6,95	Les franges se voient difficilement.
	230 à 220	687	1,00110	14,6	
	220 à 210	670	0,99741	23,5	
	210 à 200	655	1,00660	33,6	
Orangé...	200 à 190	641	1,00282	49,9	
	190 à 180	630	1,00255	67,6	
	180 à 170	617	1,00254	83,•	
	170 à 160	605	1,00120	152,2	
	160 à 150	593,5	0,99810	140,•	
Jaune....	150 à 140	584	1,00288	122,5	
	140 à 130	575	1,00196	93,•	
	130 à 120	566	0,99917	79,•	
	120 à 110	557	0,99767	62,•	
	110 à 100	549	1,00280	52,4	
Vert.....	100 à 90	542,5	1,00174	41,3	
	90 à 80	535	0,99512	34,9	
	80 à 70	528	0,99833	26,8	
	70 à 60	522	1,00134	23,7	
	60 à 50	516	0,99944	19,2	
	50 à 40	510	1,00456	17,9	
Bleu.....	40 à 30	504,5	1,00000	13,6	
	30 à 20	499	1,00746	9,93	Les franges se voient difficilement.
	20 à 10	494	1,00074	8,52	On juge plutôt les intensités par la comparaison des spectres supérieurs et inférieurs.
	10 à 0	489	0,99333	5,76	

Digitized by Google

Il résulte de l'examen de ce tableau que les coëfficients de précision sont variables dans les diverses parties du spectre ; qu'en allant du rouge vers le violet, les coëfficients augmentent de valeur rapidement, pour atteindre leur maximum dans l'orangé, puis qu'ils diminuent, d'abord assez vite, et plus lentement ensuite, pour venir prendre dans le violet des valeurs aussi faibles que dans le rouge.

2° Variation des coefficients de précision avec l'intensité.

Dans les déterminations précédentes, la source de lumière était à 12c.5 de la fente ; je portai cette distance à 25 c., et l'intensité lumineuse diminua dans le rapport de 4 à 1 ; je fis alors de nouvelles déterminations des coëfficients de précision ; mais, pour ne pas multiplier outre mesure les expériences, les déterminations ne portèrent que sur six régions différentes du spectre.

Les résultats sont rapportés dans le tableau N° IV. Je procédai exactement de la même manière pour les distances 37c.5 , 50 c. et 75 c. de la source lumineuse à la fente, et j'obtins ainsi, pour les mêmes radiations que précédemment, de nouveaux coëfficients de précision correspondant à des intensités 1/9, 1/16, 1/36 (Tableaux V, VI et VII).

Tableau IV.

Distance de la lumière : D = 25 cent. I = 1/4.

Couleurs.	Micromètre.	λ en millionèmes de millim.	$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n}$	$h = \sqrt{\frac{n}{2 \Sigma e^2}}$	Observations.
Rouge.....	210 à 200	655	1,0037	40,2	
Orangé....	170 à 160	605	1,0010	158,°	
Jaune.....	130 à 120	566	0,9983	83,3	
Vert	90 à 80	535	1,0032	38,4	
Vert bleu..	60 à 50	516	1,0062	10,2	
Bleu	30 à 20	499	1,0346	5,2	Observation difficile.

Digitized by Google

TABLEAU V.

Distance de la lumière : D = 37cent.5. I = 1/9e.

Couleurs.	Micromètre.	λ en millionèmes de millim.	$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n}$	$h = \sqrt{\frac{n}{2 \Sigma e^2}}$	Observations.
Rouge.....	210 à 200	655	1,0450	35,»	
Orangé....	170 à 160	605	1,0225	140,25	
Jaune.....	130 à 120	566	1,0315	58,»	
Vert.....	90 à 80	535	1,0230	33,»	
Vert bleu..	60 à 50	516	1,0235	12,»	
Bleu.....	30 à 20	499	1,0210	6,04	Peu de lumière.

TABLEAU VI.

Distance de la lumière : D = 50 cent. I = 1/16e.

Couleurs.	Micromètre.	λ en millionèmes de millim.	$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n}$	$h = \sqrt{\frac{n}{n \Sigma e^2}}$	Observations.
Rouge.....	210 à 200	655	1,0230	22,3	
Orangé....	170 à 160	605	1,0335	103,»	
Jaune.....	130 à 120	566	1,0115	45,3	
Vert.....	90 à 80	535	1,0023	26,»	
Vert bleu..	60 à 50	516	1,0400	8,14	
Bleu.....	30 à 20	499	»	»	Observation impossible

TABLEAU VII.

Distance de la lumière : D = 75 cent. I = 1/36e.

Couleurs.	Micromètre.	λ en millionèmes de millim.	$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n}$	$h = \sqrt{\frac{n}{2 \Sigma e^2}}$	Observations.
Rouge.....	210 à 200	655	0,999	12,33	
Orangé....	170 à 160	605	0,996	89,25	
Jaune.....	130 à 120	566	0,989	24,35	
Vert.....	90 à 80	535	0,982	10,30	Observation difficile.

Il résulte de ces observations que les coëfficients de précision varient peu, si on les compare aux changements

Digitized by Google

des intensités lumineuses; ainsi, nous voyons que le coëfficient relatif aux rayons jaunes conserve une valeur égale aux 2/3 de sa valeur primitive, quand, au contraire, les intensités lumineuses ont varié dans le rapport de 16 à 1. En outre, la variation n'est pas toujours dans le même sens; c'est ce qui est indiqué par le deuxième tableau, qui contient, pour une intensité lumineuse quatre fois plus faible que dans le premier tableau, des coëfficients de précision cependant plus élevés.

Il y a probablement, pour chacune des radiations, une certaine intensité lumineuse qui correspond à un maximum de précision; si l'intensité est trop considérable, l'œil fatigué perd en partie la faculté de juger les différences d'intensité, et le coefficient de précision diminue de valeur; si l'intensité est trop faible, au contraire, l'œil ne saisit plus facilement les différences d'intensités des bandes, et les mesures sont également moins précises.

Il serait intéressant de rechercher l'existence et la valeur de ce maximum, que les conceptions théoriques de M. Helmholtz et les derniers travaux de M. Delbœuf font prévoir; je me propose de reprendre cette étude par une méthode plus rapide que celle dont je me suis servi dans les déterminations précédentes.

Courbes des coefficients de précision.

J'ai dressé la courbe de la précision des mesures dans les différentes parties du spectre, en prenant pour ordonnées les coëfficients de précision, et pour abscisses les longueurs d'ondes. La courbe (1) (pl. II) correspond aux déterminations du tableau III; les autres courbes (2) (3) (4) (5) correspondent aux tableaux IV, V, VI et VII, et ne comprennent que quelques points qui suffisent néanmoins à montrer combien varient peu les coëfficients de précision, en comparaison des variations considérables des intensités lumineuses.

Digitized by Google

Comparaison des deux méthodes de mesure au point de vue de la précision des résultats.

Première méthode par les variations des distances.

Deux lampes à pétrole, à mêches plates, sont placées sur le banc des lumières, l'une à une distance invariable de 25 c., l'autre sur le chariot mobile; les distances de cette dernière à la fente étaient lues directement sur une échelle divisée.

Les faisceaux lumineux envoyés par les lumières étaient entièrement reçus par la lentille du collimateur, lors même que la distance la plus petite de la lampe à la fente était de 18 cent. La lame biréfringente avait 20 mill. d'épaisseur et donnait naissance à des spectres cannelés d'une grande pureté. Il y avait évidemment à se préoccuper dans cette expérience de la fixité des intensités lumineuses des deux lumières; or, il est impossible de répondre de leur constance en raison des nombreuses causes qui peuvent changer l'éclat des flammes. Pour parer à cet inconvénient, je vérifiai, avant chaque nouvelle série d'expériences, les intensités relatives des radiations jaunes, afin de pouvoir effectuer les corrections nécessaires dans le cas où l'une des intensités aurait varié [1].

On a ainsi déterminé les coefficients de précision de six radiations différentes, et chaque résultat a été calculé d'après dix observations :

Tableau VIII.

Couleurs.	Micromètre.	$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}}$
Rouge orangé...	210 à 200	30,9
Jaune orangé...	170 à 160	124,6
Jaune.....	130 à 120	65,2
Vert.....	90 à 80	30,3
Vert bleu.....	70 à 60	40,-
Bleu.....	50 à 40	15,3

[1] J'indiquerai plus loin (page 64) le mode de correction employé.

Digitized by Google

Deuxième méthode de mesure. — Prisme de Foucault analyseur.

Les deux lampes à pétrole étant placées dans les mêmes conditions que précédemment et à des distances de la fente, égales toutes deux, à 25 centimètres; la lame correctrice fut remplacée par le prisme de Foucault analyseur muni de la lame de spath. On fit alors six nouvelles séries de dix observations chacune, dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU IX.

Couleurs.	Micromètre.	$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}}$
Rouge orangé...	210 à 200	33,15
Jaune orangé...	170 à 160	118,13
Jaune.....	130 à 120	61,38
Vert.....	90 à 80	28,45
Vert bleu.....	70 à 60	21,2
Bleu.....	50 à 40	17,•

Ainsi qu'on peut le voir en comparant les coefficients de précision relatifs aux mêmes radiations, dans les deux tableaux, les deux méthodes donnent à peu près les mêmes résultats et ne présentent pas de différences systématiques; on peut donc regarder ces deux méthodes de mesures comme à peu près équivalentes au point de vue de l'exactitude des résultats; sous le rapport de la commodité et de la rapidité des déterminations, la seconde méthode est bien préférable à la première, car on n'a pas à s'occuper de neutraliser chaque fois, par la lame de correction, l'inégalité introduite entre les deux spectres par le prisme dispersif; aussi, dans les mesures que je vais rapporter, je me suis toujours servi de la deuxième méthode.

Digitized by Google

Mesure des intensités relatives des radiations constitutives de diverses sources lumineuses.

Tout en comparant deux lumières dont les intensités sont différentes dans les diverses parties du spectre, j'ai voulu me rendre compte de l'incertitude dont est affectée chacune des valeurs moyennes des intensités données par l'expérience. Il faut pour cela considérer ce qu'on est convenu d'appeler l'erreur probable du résultat moyen. Je crois devoir rappeler en peu de mots ce qui est relatif à cette erreur[1].

Parmi toutes les erreurs possibles que présente une série d'observations, il en est une qui a une valeur telle que le nombre des erreurs qui la surpassent en valeur absolue, est égal au nombre des erreurs qui ont une valeur moindre; c'est l'erreur pour laquelle l'intégrale P_a (p. 44) acquiert la valeur $\frac{1}{4}$. Il y a alors un contre un à parier que l'erreur d'une observation isolée ne la surpasse pas; sa probabilité a donc pour valeur $\frac{1}{4}$. Cette erreur qui partage en deux portions numériquement égales la série des erreurs rangées par ordre de grandeur, se nomme généralement l'erreur probable; on la désigne quelquefois aussi sous le nom d'erreur médiane.

Cournot a dressé la table des valeurs de l'intégrale P_a en prenant pour argument la limite $ah = t = \rho$, cet argument étant ordinairement représenté par la lettre ρ. La valeur de ρ qui vérifie l'intégrale $\frac{1}{4}$ est égale à 0,477. On a d'ailleurs $\rho = ah$; donc l'erreur a, qui est l'erreur dont la probabilité est $\frac{1}{4}$ et qu'on désigne habituellement par ε, est égale à

$$a = \varepsilon = \frac{\rho}{h} = \frac{0{,}477}{h}.$$

(1) Liagre, *loco citato*, p. 181.

Digitized by Google

L'erreur probable ε d'une observation isolée prise au hasard dans une série d'observations s'obtiendra donc en divisant le nombre 0,477 par le coefficient de précision relatif à cette série.

Si maintenant on considère, au lieu de l'erreur probable ε d'une observation isolée, l'erreur probable y du résultat moyen, on démontre que cette erreur probable est proportionnelle à ε et inversement proportionnelle à la racine carrée du nombre des observations qui ont concouru à établir la valeur du résultat moyen.

On aura donc pour n observations :

$$y = \frac{\varepsilon}{\sqrt{n}} = \frac{0,477}{h\sqrt{n}}.$$

Si, dans cette formule, on remplace h par sa valeur (page 44),

$$h = \sqrt{\frac{n}{2\Sigma e^2}}$$

on obtient

$$y = \frac{\rho}{n}\sqrt{2\Sigma e^2}.$$

Le résultat moyen d'une série d'observations étant

$$\frac{\Sigma \text{ tang.}^2 \alpha}{n},$$

il y a un contre un à parier que cette valeur ne diffère pas de la valeur réelle d'une quantité plus grande en plus ou en moins que celle qui est exprimée par

$$y = \frac{\rho}{n}\sqrt{2\Sigma e^2}.$$

La valeur probable de la détermination sera par conséquent égale à

$$\frac{\Sigma \text{Tang.}^2 \alpha}{n} \pm \frac{0,477}{n}\sqrt{2\Sigma e^2}$$

Digitized by Google

Ceci posé, j'ai déterminé les intensités relatives des diverses radiations constitutives des sources lumineuses généralement employées dans l'éclairage. Je vais décrire succinctement les diverses expériences que j'ai faites dans ce but, en insistant surtout sur celles qui me donnèrent les résultats les plus-importants.

Bec de gaz à cheminée en verre (bec Bengel) et lampe à huile modérateur.

Le gaz était brûlé à l'aide d'un bec Bengel dont le débit, mesuré par un compteur très-sensible, était approximativement de 120 litres à l'heure, avec une pression de 4 mill. d'eau. Les expériences étaient faites dans la matinée, car dans l'après-midi et surtout dans la soirée, les variations de pression sont fréquentes, et les intensités lumineuses varient à chaque instant.

Le bec était placé à 40 cent. de la fente; la flamme avait environ 12 cent. de hauteur.

La lampe modérateur, alimentée avec de l'huile de colza bien épurée, brûlait parfaitement à blanc. La mèche, de 2 cent. de diamètre, était récemment coupée, et la flamme avait 3 cent. 1/2 de hauteur. La consommation de la lampe était de 17 grammes à l'heure; sa distance à la fente était de 33 cent.

Dans ces conditions, les franges ou bandes d'interférence disparaissaient complètement dans la région jaune du spectre comprise entre les divisions 140 et 150 du micromètre, quand la section principale de l'analyseur faisait un angle de 45° avec le plan vertical. Les intensités des radiations jaunes émises par les deux sources lumineuses avaient alors la même valeur au plan focal de la lunette de l'appareil. Comme les intensités des deux sources lumineuses

Digitized by Google

peuvent varier pendant la durée assez longue d'une étude complète du spectre, je vérifiais de temps en temps la valeur de l'angle qui amenait la disparition des bandes dans le jaune (de 140 à 150 du micromètre). J'ai constaté que cet angle était de 45° sans écarts sensibles. Il n'y eut donc aucune correction à effectuer dans cette série d'expériences.

Les intensités des diverses radiations émises par la lampe sont comparées successivement aux intensités des radiations de même réfrangibilité de la lumière du gaz, prises comme unités. Dans les tableaux suivants, je rapporte complètement la disposition des calculs nécessaires pour établir la valeur des intensités relatives des différentes radiations.

TABLEAU X.

Micromètre 230 à 240. $\lambda = 0{,}000705$. (*Rouge extrême*).

α	Tang. α	Tang$^2\alpha$.	e	e^2	Moyenne des carrés des tangentes : $\frac{\Sigma \text{Tg.}^2\alpha}{10} = 1{,}01617$ soit 1,016.
45° 4′	1,0023	1,0046	0,0116	0,000135	
44° 34′	0,9878	0,4857	0,0405	1640	
45° 43′	1,0253	1,9710	0,0348	1211	Somme des carrés des erreurs : $\sum e^2 = 0{,}014714$.
45° 56′	1,0331	1,0670	0,0508	2581	
44° 48′	0,9930	0,9860	0,0301	906	
44° 14′	0,9736	0,9478	0,0684	4679	
45° 15′	1,0087	1,0175	0,0013	2	Erreur probable y est donnée par la formule :
45° 59′	1,0349	1,0712	0,0550	3025	
45° 32′	1,0188	1,0363	0,0201	400	$y = \frac{\rho}{n}\sqrt{2\Sigma e^2} = 0{,}00821$
45° 4′	1,0023	1,0046	0,0116	135	
$\frac{\Sigma \text{ tang}^2\alpha}{n} = 1{,}01617$			$\sum e^2 = 0{,}014714$		dans laquelle $\rho = 0{,}477$, et $n = 10$.

$$\frac{r}{R} = 1{,}016 \pm 0{,}008.$$

Digitized by Google

TABLEAU XI.

Micromètre 220 à 230. $\lambda = 0{,}000687$. (ROUGE).

α	Tang. α	Tang.$^2\alpha$	e	e^2
45° 4′	1,0023	1,0046	0,0090	0,000081
44° 45′	0,9943	0,9830	0,0306	936
45° 20′	1,0117	1,0235	0,0099	98
45°	1,0000	1,0000.	0,0136	185
45° 39′	1,0250	1,0460	0,0324	1049
45° 15′	1,0087	1,0175	0,0039	15
44° 58′	0,9988	0,9976	0,0160	256
44° 37′	0,9867	0,9740	0,0396	1578
45° 33′	1,0194	1,0400	0,0264	697
45° 42′	1,0250	1,0500	0,0364	1324
	$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 1{,}0136$		$\sum e^2 = 0{,}006209$	

$$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 1{,}0136.$$

$$\sum e^2 = 0{,}006209.$$

$$y = 0{,}00534.$$

$$\frac{r_1}{R_1} = 1{,}0136 \pm 0{,}00534.$$

TABLEAU XII.

Micromètre 160 à 170. $\lambda = 0{,}000605$. (JAUNE *orangé*).

α	Tang. α	Tang.$^2\alpha$	e	e^2
45° 12′	1,0070	1,0143	0,0090	0,000081
45° 6′	1,0035	1,0073	0,0020	4
44° 59′	0,9994	0,9988	0,0064	42
44° 53′	0,9960	0,9921	0,0132	176
45° 3′	1,0018	1,0036	0,0016	2
45° 10′	1,0058	1,0116	0,0063	40
45° 12′	1,0070	1,0143	0,0090	81
45° 2′	1,0012	1,0024	0,0028	8
44° 56′	0,9977	0,9955	0,0098	97
45° 11′	1,0064	1,0130	0,0077	59
	$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 1{,}00527$		$\sum e^2 = 0{,}000590$	

$$\frac{\Sigma \text{ tang.}^2\alpha}{n} = 1{,}0\,527.$$

$$\sum e^2 = 0{,}000590.$$

$$y = 0{,}00134.$$

$$\frac{j}{J} = 1{,}00527 \pm 0{,}00134.$$

Digitized by Google

TABLEAU XIII.

Micromètre 30 à 40. $\lambda = 0{,}000545$. (*Bleu*).

α	Tang. α	Tang.$^2\alpha$	e	e^2
44° 49′	0,9936	0,987	0,003	0,000006
45°	1,0000	1,000	0,010	10
45° 35′	1,0205	1,040	0,050	2500
44° 15′	0,9742	0,950	0,040	1600
44° 2′	0,9663	0,935	0,055	3025
45° 32′	1,0188	1,038	0,048	2304
44° 23′	0,9787	0,958	0,032	1024
44° 39′	0,9879	0,976	0,014	196
45° 19′	1,0099	1,020	0,030	900
44° 58′	0,9988	0,997	0,007	49
	$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 0{,}9900$		$\sum e^2 = 0{,}011614$	

$$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 0{,}9900.$$

$$\sum e^2 = 0{,}011614.$$

$$y = 0{,}0073.$$

$$\frac{b}{B} = 0{,}9900 \pm 0{,}0073.$$

TABLEAU XIV.

Micromètre 20 à 30. $\lambda = 0{,}000494$. (*Bleu*).

α	Tang. α	Tang.$^2\alpha$	e	e^2
45° 41′	1,0240	1,048	0,0592	0,003504
44° 24′	0,9793	0,959	0,0298	888
45° 18′	1,0105	1,021	0,0322	1036
44° 3′	0,9674	0,936	0,0528	2787
45° 54′	1,0319	1,064	0,0752	5655
43° 49	0,9595	0,921	0,0678	4596
44° 54′	0,9945	0,993	0,0042	17
44° 35′	0,9855	0,971	0,0178	316
44° 57′	0,9982	0,996	0,0072	52
44° 42′	0,9896	0,979	0,0088	77
	$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 0{,}9888$		$\sum e^2 = 0{,}018928$	

$$\frac{\Sigma \text{ Tang.}^2\alpha}{n} = 0{,}9888.$$

$$\sum e^2 = 0{,}018928.$$

$$y = 0{,}0093.$$

$$\frac{b_1}{B_1} = 0{,}9888 \pm 0{,}0093.$$

Digitized by Google

Le tableau XV résume les divers résultats précédents.

TABLEAU XV.

Micromètre.	λ	Couleur.	Intensités relatives.
230 à 240	0,000705	Extrême rouge.	1,046 ± 0,008
220 à 230	0,000687	Rouge.	1,043 ± 0,006
160 à 170	0,000605	Jaune orangé.	1,005 ± 0,001
30 à 40	0,000545	Bleu.	0,990 ± 0,007
20 à 30	0,000494	D°.	0,988 ± 0,009

Il résulte de ce tableau que le rapport des intensités des radiations rouges et jaunes émises par la lampe à huile à celles qu'émet le bec de gaz est supérieur à l'unité ; le rapport des intensités des radiations bleues est, au contraire, inférieur à l'unité. Les différences sont peu considérables ; elles sont cependant d'un ordre beaucoup plus élevé que les erreurs probables. On peut donc considérer la flamme du gaz comme plus chaude que la flamme de la lampe à huile, puisque cette dernière émet relativement à l'autre source plus de rayons rouges et moins de rayons bleus.

Bec de gaz et chandelles de suif.

Pour obtenir une intensité lumineuse plus considérable, on a placé à la suite les unes des autres quatre chandelles de suif dont les mêches étaient fréquemment coupées. On les avait renfermées dans une sorte de cage en verre qui les préservait de l'agitation de l'air et empêchait la vacillation des flammes.

Dans la comparaison des lumières du gaz et de l'huile, il n'y avait pas lieu, comme je l'ai fait remarquer, de s'occuper des variations insensibles des intensités de ces sources lumineuses ; mais avec des lumières aussi variables ue celles des chandelles, il était nécessaire de contrôler

Digitized by Google

fréquemment le pouvoir lumineux. La lumière du gaz ne variant pas sensiblement d'intensité, ainsi que je m'en suis assuré directement, lorsqu'on opère à certaines heures de la matinée, je comparai l'intensité des radiations jaunes émises par les chandelles, aux radiations de même réfrangibilité du gaz dont les intensités étaient prises comme unités.

Le bec de gaz étant à une distance de la fente égale à 35 cent., et la position moyenne des quatre chandelles à environ 19 cent., le rapport des intensités des radiations jaunes était égal à 1 quand les mêches étaient récemment coupées; l'analyseur faisait alors un angle de 45° avec le plan vertical. Cette égalité durait environ trois minutes; alors les franges d'interférence apparaissaient peu à peu dans la région jaune, et pour les faire disparaître, l'analyseur devait tourner d'un angle d'autant plus considérable, que les mêches étaient coupées depuis un temps plus éloigné. J'ai dû tenir compte des variations continuelles, quoique généralement assez lentes, de l'intensité de ces lumières que je voulais comparer à la lumière du gaz.

Pour cela. avant de commencer la série des déterminations relatives à une région quelconque du spectre, on prenait par quelques mesures les intensités relatives des rayons jaunes dans les deux lumières; puis on procédait aux déterminations dans la région du spectre considérée. Les déterminations faites, on mesurait de nouveau les intensités relatives des rayons jaunes. Si les intensités de ces rayons avaient des valeurs peu différentes avant et après les mesures relatives aux radiations spécialement étudiées, on prenait la moyenne de ces deux intensités et on faisait la correction.

Si, au contraire, les nombres différaient notablement l'un de l'autre, on rejetait la série des déterminations obtenue dans ces conditions défectueuses, et on recommençait.

Désignons par J et R les intensités invariables des rayons jaunes et rouges de la lumière du gaz, et par j et r

Digitized by Google

les intensités des mêmes rayons de la lumière des chandelles quand, l'éclairage étant convenable, le rapport des intensités des rayons jaunes des deux lumières est égal à 1. Désignons également par j' et r' les intensités des rayons jaunes et rouges quand la lumière des chandelles a changé d'intensité.

On peut admettre que le rapport $\frac{j}{r}$ des intensités des radiations jaunes et rouges émises par une même lumière est constant, quelle que soit la valeur absolue des intensités, pourvu que ces intensités soient comprises dans des limites très-resserrées.

On pourra donc écrire :

$$\frac{j}{r} = \frac{j'}{r'} = k, \qquad \text{et } \frac{J}{R} = K.$$

L'expérience donne, en outre, les rapports :

$$\frac{j'}{J} = a, \ (1) \qquad \text{et } \frac{r'}{R} = b. \qquad (2)$$

On a, de plus, par suite de la disposition expérimentale :

$$\frac{j}{J} = 1. \qquad (3)$$

Il s'agit de trouver la valeur du rapport $\frac{r}{R} = x.$ (4)

Divisant les équations (4) par (3), et (2) par (1), on obtient :

$$x = \frac{r\,J}{R\,j} \qquad \text{et } \frac{b}{a} = \frac{r'\,J}{R\,j'}$$

d'où l'on tire, en remarquant que $\frac{r}{\ } = \frac{r'}{\ }$:

$$x = \frac{b}{a}$$

Il faut donc, pour effectuer la correction due au changement d'intensité de la lumière des chandelles, diviser le

Digitized by Google

nombre b donné par l'expérience pour l'intensité relative de la radiation étudiée, par l'intensité relative a des rayons jaunes.

Avant de commencer une série d'expériences, on mesurait cinq fois l'angle α relatif aux rayons jaunes; on en prenait la moyenne, puis on procédait à la mesure des angles sous lesquels se produisait la disparition des franges dans la région du spectre considérée. Après avoir effectué ces déterminations, on mesurait de nouveau cinq fois l'angle relatif aux rayons jaunes. Si ces deux séries de cinq mesures différaient très-peu, on en prenait la moyenne et on calculait le rapport $\frac{j'}{J}$ en élevant au carré la tangente de cet angle moyen.

Pour être absolument rigoureux, il aurait fallu prendre, au lieu du carré de la tangente de l'angle moyen, la moyenne des carrés des tangentes de chacun des angles obtenus par l'expérience; mais, comme ces angles diffèrent généralement très-peu les uns des autres (à cause de la grande sensibilité de l'œil dans le jaune), j'ai cru pouvoir adopter sans inconvénients ce mode de calcul plus rapide,

Voici les nombres que j'ai obtenus en vue du calcul de l'intensité relative des rayons verts :

Micromètre 90 à 100. $\lambda = 0{,}0005425$. (*Vert*).

Angles ayant amené la disparition des franges dans le jaune.

Avant les déterminations des intensités dans le vert :	Après les déterminations des intensités dans le vert :
44° 55′	44° 40′
44° 52′	44° 53′
44° 43′	44° 51′
44° 55′	44° 46′
44° 49′	44° 48′
Angle moyen. 44° 48′ 8	Angle moyen. 44° 47′ 6

Les deux angles moyens diffèrent très-peu l'un de l'autre; on peut donc admettre que les déterminations aites dans le vert n'ont été influencées par aucune varia-

Digitized by Google

tion du pouvoir lumineux des chandelles. La moyenne des deux séries est

$$\beta = 44^\circ\,48'\,2, \text{ soit } 44^\circ\,48'.$$

Or,

$$\text{Tang. } 44^\circ\,48' = 0{,}993$$

et

$$\text{Tang.}^2\,44^\circ\,48' = 0{,}986,$$

valeur du coefficient par lequel il faut diviser le nombre donné par l'expérience pour l'intensité relative des rayons verts.

Dans la détermination actuelle, par exemple, on a trouvé pour la valeur de l'intensité relative $\frac{v'}{V}$ des rayons verts le nombre 0,9732. En divisant ce nombre par 0,9860, on trouve la valeur cherchée $\frac{v}{V} = 0{,}98713$.

TABLEAU XVI.

Bec de gaz et lumière des chandelles de suif.

Micromètre.	λ	β	Coefficient de correction.	Intensités données par l'expérience.	Intensités corrigées.
230 à 240	0,000705	44° 55′	0,9942	1,0018	1,021 ± 0,018
210 à 220	670	44° 47′	0,9850	1,0014	1,016 ± 0,006
190 à 200	641	44° 32′	0,9677	0,9777	1,010 ± 0,002
170 à 180	617	45° 2′	1,0023	1,0084	1,005 ± 0,001
150 à 160	593	45° 3′	1,0056	1,0057	0,999 ± 0,004
130 à 140	575	45°	1,0000	0,995	0,995 ± 0,001
110 à 120	537	44° 55′	0,9942	0,986	0,991 ± 0,002
90 à 100	542	44° 48′	0,9860	0,9732	0,987 ± 0,003
70 à 80	528	44° 30′	0,9657	0,9472	0,980 ± 0,005
50 à 60	516	45° 25′	0,9600	0,9380	0,976 ± 0,008
30 à 40	504	44° 15′	0,9600	0,9347	0,972 ± 0,010
10 à 20	494	44° 21′	0,9555	0,9172	0,959 ± 0,015

Dans ce tableau, les intensités des radiations émises par le bec de gaz ont été prises pour unités. On peut s'assurer que l'intensité relative des diverses radiations

Digitized by Google

émises par les deux lumières sont différentes suivant la place qu'elles occupent dans le spectre. Les radiations jaunes (180 à 170 du micromètre) ayant la même intensité dans les deux lumières, les radiations rouges dominent dans la lumière des chandelles, et les radiations bleues, dans la lumière du bec de gaz.

J'ai dressé la courbe des intensités relatives des diverses radiations émises par ces deux sources lumineuses, en prenant pour ordonnées les valeurs trouvées par l'expérience et multipliées par 1,000, et pour abscisses les longueurs d'ondes correspondantes (pl. III, courbe N° 1).

Lampe de Drummond et lampe à huile brûlant sans tirage.

La lampe de Drummond était placée à 50 cent. de la fente, et la lampe à huile à 10 cent. Cette dernière était une ancienne lampe à bec et à mèche de coton simplement tordue; l'huile était du colza épuré, brûlant parfaitement dans les lampes modérateurs. Les intensités varièrent beaucoup pendant les expériences; aussi fut-on obligé de faire des corrections nombreuses qui ont pu diminuer, dans une certaine mesure, la précision des résultats.

TABLEAU XVII.

Micromètre.	Intensités relatives.	Observations.
240 à 230	1,03458 ± 0,02042	
220 à 210	1,02245 ± 0,00538	
200 à 190	1,01365 ± 0,00253	
180 à 170	1,00499 ± 0,00200	
160 à 150	1,00000 ± 0,00140	
140 à 130	0,99400 ± 0,00173	
120 à 110	0,98821 ± 0,00274	
100 à 90	0,97647 ± 0,00456	
80 à 70	0,97034 ± 0,00634	
60 à 50	0,97519 ± 0,01930	Cette série a été faite dans de mauvaises conditions.
40 à 30	0,95385 ± 0,01034	
20 à 10	0,93226 ± 0,01834	

Digitized by Google

La courbe des intensités relatives des diverses radiations (pl. III, courbe N° 2) montre que si on donne aux intensités des rayons jaunes (160 à 150 du micromètre) la même valeur dans les deux lumières, toutes les radiations situées en-deçà des radiations jaunes sont plus intenses que dans celle de la lampe Drummond; au-delà des rayons jaunes c'est l'inverse qui se produit.

J'ai comparé encore entre elles les sources lumineuses suivantes : le gaz et la bougie; le gaz et la lampe à pétrole, et enfin la lumière du soleil et le gaz. Les deux premières séries présentent peu d'intérêt, à cause de l'égalité presque complète des diverses radiations de ces sources; quant à la comparaison du bec de gaz Bengel, avec la lumière solaire, j'étais dans les conditions d'installation défectueuses et je me propose de reprendre ces expériences dans de meilleures conditions.

Mesure de l'absorption exercée par un liquide coloré sur les différentes radiations.

Une des applications les plus importantes de cette méthode photométrique serait d'établir pour chaque substance absorbante les coefficients numériques d'absorption pour les diverses radiations.

Comme exemple de cet emploi de la méthode, je rapporterai les déterminations faites avec la dissolution de chromate neutre de potasse. Je me suis servi pour cela de l'appareil à prismes (*fig.* 6), décrit précédemment. Le liquide coloré était placé dans une cuve formée par des lames de glace traversées normalement par les rayons lumineux. Comme source lumineuse disposée devant l'ouverture de l'appareil, j'ai employé la flamme d'une lampe à pétrole, à mèche plate et éclairant par la tranche, flamme qui donne ainsi une lumière très-intense et d'une largeur modérée.

Digitized by Google

Pour éliminer les diverses pertes d'intensité que subit le faisceau lumineux en se réfléchissant sur les parois de la cuve, j'ai placé sur le trajet du rayon lumineux non modifié par l'absorption une autre cuve exactement pareille à celle qui contenait la dissolution de chromate et remplie d'eau distillée. Théoriquement, à cause de la différence des indices de réfraction de la dissolution saline et de l'eau, la perte d'intensité par réflexion n'est pas exactement la même dans les deux cas ; mais l'erreur qui en résulte est de beaucoup inférieure aux erreurs d'observations.

Les deux cuves ayant été remplies toutes deux d'eau distillée, la disparition des bandes dans la partie moyenne M N des spectres était obtenue pour un angle égal à 44° 58′, correspondant à l'intensité relative 0,9977. L'eau de l'une des cuves fut alors remplacée par une dissolution saturée de chromate neutre parfaitement limpide, et on fit les observations qui servirent à construire le tableau suivant :

Tableau XVIII.

Micromètre.	Intensités relatives.
240 à 230	0,8210 ± 0,01100
230 à 220	0,8936 ± 0,00540
220 à 210	0,9137 ± 0,00400
210 à 200	0,9710 ± 0,00300
200 à 190	0,9759 ± 0,00205
190 à 180	0,9771 ± 0,00148
160 à 150	0,9760 ± 0,00072
130 à 120	0,9755 ± 0,00139
110 à 100	0,9748 ± 0,00205
90 à 80	0,9568 ± 0,00210
80 à 70	0,8326 ± 0,00220
70 à 60	0,7474 ± 0,00243
60 à 50	0.2500 ± 0,00800
50 à 40	0,0825 ± 0,00343
40 à 30	. . . . .

Digitized by Google

Ce tableau montre que l'absorption est appréciable de 240 à 210, très-faible de 210 à 100, et enfin qu'elle prend une valeur rapidement croissante de 100 à 40 et qu'au delà de 40 les intensités lumineuses des radiations sont complètement nulles.

Perte de lumière par réflexion normale.

J'ai cherché, en vue de justifier l'exactitude de ma méthode, à vérifier la formule de Fresnel relative à la réflexion normale d'un faisceau lumineux par des lames de glace. Pour cela, j'ai interposé une des cuves de glace sur le passage d'un des faisceaux lumineux, et j'ai déterminé la perte de lumière causée par les quatre réflexions normales des rayons lumineux sur les surfaces d'entrée et de sortie des glaces.

Avant l'interposition de la cuve les intensités des rayons jaunes des deux faisceaux lumineux étaient entre elles comme 1 : 1,0039 ± 0,001; après interposition des deux glaces de la cuve, on trouva que le rapport des intensités était comme 1 : 0,83149 ± 0,0009225.

Le rapport des intensités des deux faisceaux avant et après l'interposition de la cuve est donc :

$$\frac{1,0039}{0,83149} = \frac{1,000\dot{0}}{0,8283}.$$

Comme les faisceaux lumineux se sont réfléchis quatre fois, il faut pour obtenir l'intensité du faisceau après une seule réflexion extraire la racine 4e de 0,8283; on obtient ainsi :

$$\sqrt[4]{0,8283} = 0,95399.$$

La perte de lumière est égale pour une seule réflexion

Digitized by Google

à $1 - 0{,}95399 = 0{,}04601$ avec une erreur probable égale à 0,000554.

La perte de lumière est donc d'après l'expérience photométrique

$$P = 0{,}04601 \pm 0{,}000554.$$

La formule de Fresnel calculée pour l'indice de réfraction $n = 1{,}5421$ donne une valeur de la perte égale à

$$F = 0{,}0455.$$

Ces résultats ne diffèrent que de 0,0005, quantité très-faible et du même ordre de grandeur que les erreurs d'observations.

CONCLUSIONS.

Dans ce travail, j'ai décrit une nouvelle méthode photométrique ayant pour objet la comparaison des intensités relatives des radiations constitutives des diverses sources lumineuses. Cette méthode est fondée sur la décomposition spectrale des lumières et sur la comparaison des radiations de même réfrangibilité à l'aide de bandes d'interférence qui disparaissent quand ces radiations ont la même intensité.

La méthode de comparaison des intensités lumineuses par les variations des distances a été trouvée équivalente, au point de vue de la précision des mesures, à la méthode dans laquelle un analyseur amène les faisceaux lumineux à posséder la même intensité.

Les mesures ne présentent pas la même exactitude dans les différentes régions du spectre; très-précises dans la région jaune, elles sont affectées d'une indécision

Digitized by Google

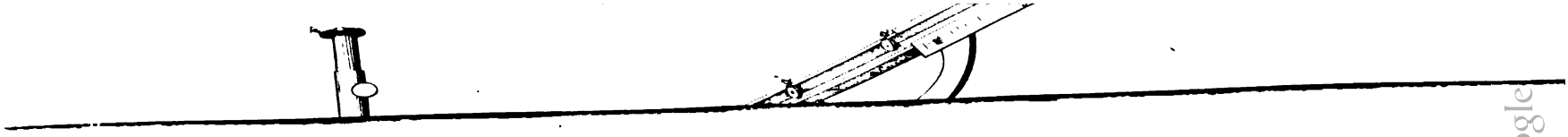
qui croît rapidement à mesure qu'on s'éloigne de la partie moyenne. L'appréciation par une seule observation de la disparition des bandes d'interférence dans le jaune ne comporte guère qu'une erreur égale à 1/315 de la valeur du rapport des intensités des deux radiations, tandis que dans le rouge ou le bleu cette même erreur peut atteindre 1/40. J'ai déterminé, pour chaque région, les coëfficients de précision correspondants. L'influence de l'intensité absolue de la lumière est beaucoup moins grande qu'on pourrait le supposer *à priori;* ainsi, quand les intensités lumineuses varient dans le rapport de 1 à 36, les valeurs des coefficients de précision ne varient que dans le rapport de 1 à 1,5.

Les radiations émises par différentes sources lumineuses ont été comparées entre elles; les lumières émises par les corps lumineux à températures peu élevées, contiennent, comme on pouvait le prévoir, relativement plus de rayons rouges et moins de rayons bleus que les sources lumineuses plus chaudes; c'est ce que caractérisent, d'ailleurs, les courbes qui représentent les intensités relatives des diverses radiations.

La détermination numérique des courbes d'absorption produite par les milieux colorés constitue une des applications les plus importantes de cette méthode photométrique. Comme exemple de cet emploi, j'ai rapporté les déterminations faites avec une dissolution de chromate neutre de potasse.

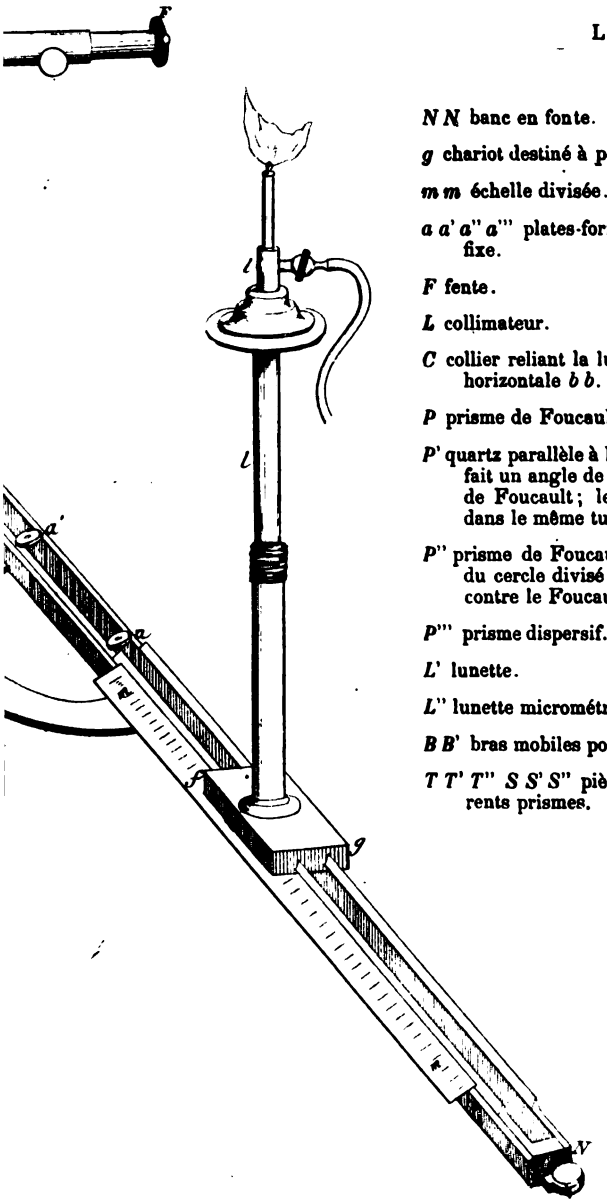
J'ai soumis la méthode photométrique qui fait l'objet de ce travail à la vérification des formules de Fresnel sur la réflexion normale; j'ai trouvé une identité aussi complète que possible entre les résultats et les formules déduites de la théorie.

Digitized by Google



Digitized by Google

PL. I.



LÉGENDE

N N banc en fonte.

g chariot destiné à porter la lumière mobile.

m m échelle divisée.

a a' a'' a''' plates-formes destinées à porter la lumière fixe.

F fente.

L collimateur.

C collier reliant la lunette du collimateur à la règle horizontale *b b*.

P prisme de Foucault.

P' quartz parallèle à l'axe et dont la section principale fait un angle de 45° avec le plan de polarisation de Foucault; le prisme de Wollaston est logé dans le même tube que le quartz.

P'' prisme de Foucault analyseur mobile, au centre du cercle divisé *U*; la lame de spath est collée contre le Foucault.

P''' prisme dispersif.

L' lunette.

L'' lunette micrométrique.

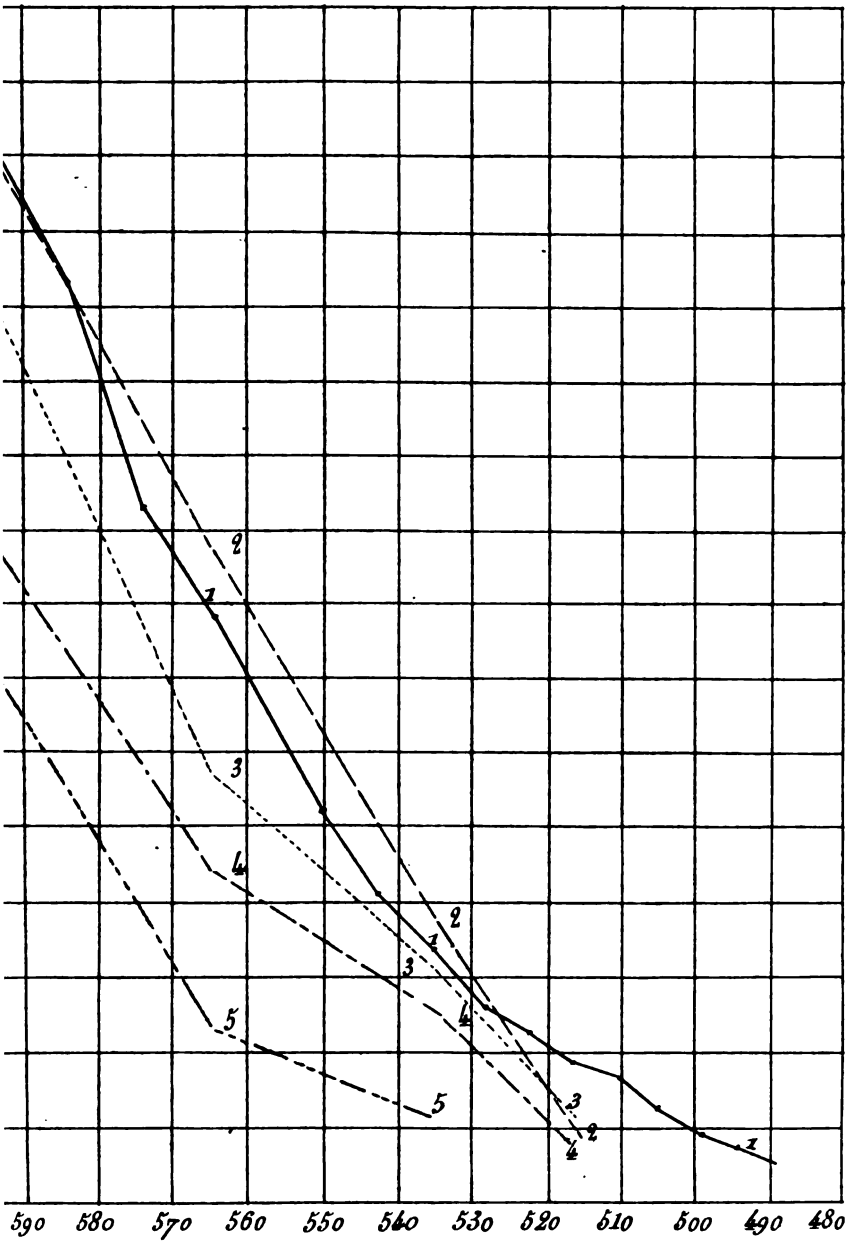
B B' bras mobiles portant les lunettes.

T T' T''' S S' S'' pièces servant à supporter les différents prismes.

Digitized by Google

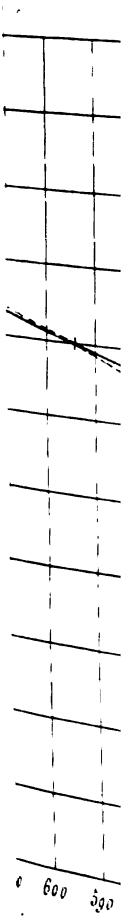
Digitized by Google

VTS DE PRÉCISION.



d'ondes en Millionièmes de millimètre

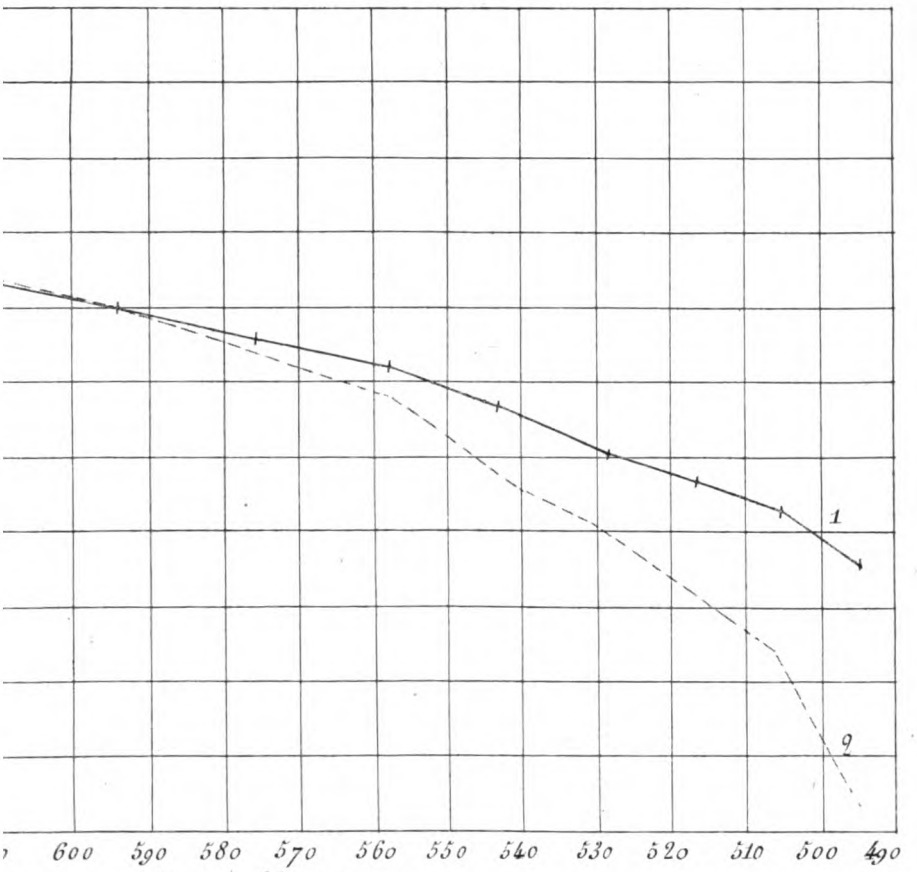
Digitized by Google



Digitized by Google

'IVES DES DIVERSES RADIATIONS

CES LUMINEUSES



ièmes de millimètre.

Drummont.

Digitized by Google

Digitized by Google

SUR LA

PRÉSENCE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS TOUTE LA SÉRIE GÉOLOGIQUE.

PAR E. DUVILLIER,

Licencié ès-sciences physiques,
Préparateur de Chimie à la Faculté des Sciences de Lille.

(*Lu dans la séance du 23 juin 1876.*)

On a signalé différentes fois la présence du phosphate de chaux dans un certain nombre de roches sédimentaires; récemment, dans un mémoire sur les calcaires du département du Nord, M. Savoye a démontré d'une manière certaine l'existence du phosphate de chaux dans les différents niveaux du terrain crétacé de cette région. Je me suis proposé de rechercher si le phosphate de chaux se rencontrerait également dans toutes les roches sédimentaires, quelque soit leur position géologique.

Dans ce qui va suivre, je ferai connaître la composition d'un certain nombre de roches en commençant par les terrains les plus anciens; puis celle de quelques nodules appartenant à différents niveaux, ainsi que la composition intérieure de quelques fossiles. Enfin, j'exposerai les méthodes analytiques suivies dans ces recherches.

Digitized by Google

COMPOSITION DES ROCHES.

TERRAIN AZOÏQUE.

Calcaire de Lavaline (*Vosges*).

Quarzet feldspath	30,16	
Silice soluble	2,06	
Oxyde de fer.	0,14	
Phosphate de chaux.	0,026	$Ph^2 O^5 = 0,012$
Carbonate de chaux	67,38	
Carbonate de magnésie	0,17	
	99,936	

Calcaire de Messeix (*Puy-de-Dome*).

Sable un peu micacé.	25,35	
Silice soluble	1,02	
Oxyde de fer.	2,31	
Phosphate de chaux.	0,109	$Ph^2 O^5 = 0,050$
Carbonate de chaux	68,64	
Carbonate de magnésie	1,93	
	99,359	

TERRAIN SILURIEN.

Calcaire de Fresnoy (*Sarthe*). — *Silurien inférieur*

Sable et argile.	0,67	
Silice soluble.	0,02	
Oxyde de fer.	0,09	
Phosphate de chaux.	0,096	$Ph^2 O^5 = 0,044$
Carbonate de chaux	98,12	
Carbonate de magnésie	0,89	
	99,8	

Digitized by Google

TERRAIN DEVONIEN.

Calcaire à strigocéphales de Le Troost, province de Liége, assise de Givet. — Devonien moyen.

Sable argileux	31,56	
Silice soluble	0,08	
Oxyde de fer	0,32	
Sulfate de chaux	0,018	
Phosphate de chaux	0,026	$Ph^2 O^5 = 0,012$
Carbonate de chaux	66,62	
Carbonate de fer	0,33	Fe O = 0,205
Carbonate de magnésie	0,74	
	99,694	

Schistes gris de Sains, Nord; assise d'Étroeungt. — Devonien supérieur.

Argile sableuse	71,35	
Silice soluble	4,18	
Oxyde de fer	3,86	
Alumine	1,37	
Phosphate de chaux	0,14	$Ph^2 O^5 = 0,064$
Carbonate de chaux	5,81	
Carbonate de fer	6,54	Fe O = 4,058
Carbonate de magnésie	5,90	
	99,15	
Eau et éléments non dosés	0,85	

Cette différence 0,85 % est due à l'eau que les roches argileuses ne perdent qu'à une haute température; dans les analyses qui vont suivre on rencontrera souvent des différences dues à cette cause.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

Calcaire de Marbaix, Nord. — Carbonifère inférieur.

Argile et sable	1,01	
Silice soluble	0,02	
Oxyde de fer	0,19	
Phosphate de chaux	0,072	$Ph^2 O^5 = 0,033$
Carbonate de chaux	95,82	
Carbonate de magnésie	2,81	
	99,922	

Digitized by Google

Brèche de Berlaimont, Nord. — Carbonifère moyen.

Sable et argile	14,47	
Silice soluble	0,07	
Oxyde de fer	0,07	
Phosphate de chaux	0,061	$Ph^2 O^5 = 0,028$
Carbonate de chaux	84,21	
Carbonate de magnésie	0,82	
	99,701	

Marbre de Lunel, Ferques, Boulonnais. — Carbonifère moyen.

Argile et sable	0,79	
Silice soluble	0,03	
Oxyde de fer	0,06	
Sulfate de chaux	0,055	
Phosphate de chaux	0,024	$Ph^2 O^5 = 0,011$
Carbonate de chaux	98,63	
Carbonate de magnésie	0,31	
	99,899	

TERRAIN TRIASIQUE.

Grès bigarré du Gerolstein. — Triasique inférieur.

Quarz et un peu d'argile	98,96	
Silice soluble	0,27	
Oxyde de fer	0,33	
Phosphate de chaux	0,019	$Ph^2 O^5 = 0,009$
Carbonate de chaux	0,19	
Carbonate de magnésie	0,06	
	99,829	

Muschelkalk de Lunéville. — Triasique moyen.

Argile et sable	13,75	
Silice soluble	0,45	
Oxyde de fer	0,56	
Phosphate de chaux	0,196	$Ph^2 O^5 = 0,090$
Carbonate de fer (siderose)	1,95	$Fe\ O = 1,210$
Carbonate de chaux	52,60	
Carbonate de magnésie	29,19	
	98,696	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,304	

Digitized by Google

Calcaire d'Hallstadt. — Triasique supérieur.

Argile et sable	3,58	
Silice soluble	0,42	
Oxyde de fer.	0,50	
Phosphate de chaux	0,037	$Ph^2 O^5 = 0,017$
Carbonate de fer (siderose). . . .	0,27	Fe O = 0,167
Carbonate de chaux.	93,03	
Carbonate de magnésie	1,93	
	99,767	

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias moyen de Fontenay, près Caen.

Argile sableuse.	6,53	
Silice soluble.	0,69	
Oxyde de fer.	1,34	
Sulfate de chaux	0,074	
Phosphate de chaux.	2,95	$Ph^2 O^5 = 1,352$
Carbonate de chaux	86,95	
Carbonate de magnésie.	1,43	
	99,964	

Oolite inférieure de Dijon.

Argile et sable	0,90	
Silice soluble.	0,05	
Oxyde de fer.	0,77	
Phosphate de chaux.	0,011	$Ph^2 O^5 = 0,005$
Carbonate de fer (siderose)	0,49	Fe O = 0,304
Carbonate de chaux.	95,46	
Carbonate de magnésie.	2,23	
	99,911	

Grande oolite de Langrune, Normandie.

Sable fin et argile.	9,01	
Silice soluble.	0,74	
Oxyde de fer.	1,28	
Sulfate de chaux	0,125	
Phosphate de chaux	0,146	$Ph^2 O^5 = 0.067$
Carbonate de chaux	87,30	
Carbonate de magnésie	0,99	
	99,591	

Digitized by Google

Kimmeridge à Ostrea Virgula des falaises de Boulogne.

Argile et sable	26,30	
Silice soluble.	1,10	
Oxyde de fer.	1,79	
Phosphate de chaux	0,40	$Ph^2 O^5 = 0,183$
Carbonate de chaux	68,51	
Carbonate de magnésie.	0,49	
	98,59	
Eau de çonstitution et éléments non dosés.	1,41	

TERRAIN CRÉTACÉ.

ASSISE NÉOCOMIENNE.

Calcaire à spatangues de Briel, Aube.

Argile et sable	16,34	
Silice soluble.	0,75	
Oxyde de fer.	1,05	
Phosphate de chaux.	1,098	$Ph^2 O^5 = 0,503$
Carbonate de fer (siderose) . . .	0,87	$Fe\ O = 0,540$
Carbonate de chaux	78,40	
Carbonate de magnésie.	0,18	
	98,688	
Eau de constitution et éléments non dosés.	1,312	

Calcaire de la perte du Rhône, Ain.

Sable et argile	2,00	
Silice soluble, ...	0,13	
Oxyde de fer	0,63	
Sulfate de chaux	0,038	
Phosphate de chaux	0,048	$Ph^2 O^5 = 0,022$
Carbonate de chaux	96,70	
Carbonate de magnésie	0,16	
	99,706	

Digitized by Google

ASSISE DE LA CRAIE GLAUCONIEUSE.

Meule de Bracquenies, Belgique. — Zone à Ammonites Inflatus.

Sable, argile, glauconie	83,05	
Silice soluble	14,24	
Oxyde de fer.	0,61	
Phosphate de chaux.	0,013	$Ph^2 O^5 = 0,006$
Carbonate de chaux	0,46	
Carbonate de magnésie	0,13	
	98,503	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,497	

Gaize de Monchardon, Yonne. — Zone à Ammonites Inflatus.

Sable et argile	72,43	
Silice soluble	3,21	
Oxyde de fer.	1,15	
Phosphate de chaux.	0,037	$Ph^2 O^5 = 0,017$
Carbonate de chaux	20,04	
Carbonate de magnésie	0,40	
	97,267	
Eau de constitution et éléments non dosés	2,733	

Gaize de la Malmaison, Ardennes. — Zone à Ammonites Inflatus.

Sable, argile et glauconie	58,21	
Silice soluble.	3,75	
Oxyde de fer.	2,40	
Phosphate de chaux	0.32	$Ph^2 O^5 = 0,149$
Carbonate de chaux	31,16	
Carbonate de magnésie.	0,98	
	96,82	
Eau de constitution et éléments non dosés	3,18	

Digitized by Google

Craie glauconieuse à Holaster carinatus de Seaton, Devonshire, Angleterre.

Sable, argile, glauconie	9,98	
Silice soluble.	1,44	
Oxyde de fer.	1,70	
Sulfate de chaux	0,58	
Phosphate de chaux	5,24	$Ph^2 O^5 = 2,40$
Carbonate de chaux	80,32	
Carbonate de magnésie.	0,14	
	99,30	

Craie glauconieuse à Terebratella Ménardi de Liévin, Pas-de-Calais.

Sable, argile, glauconie.	71,10	
Silice soluble	3,26	
Oxyde de fer.	1,55	
Phosphate de chaux.	0,085	$Ph^2 O^5 = 0,039$
Carbonate de chaux	18,90	
Carbonate de magnésie	1,12	
	96,015	
Eau de constitution et éléments non dosés	3,985	

Craie glauconieuse à Janira æquicostata de Chaumont-Porcien, Ardennes.

Argile et sable.	19,65	
Silice soluble.	1,06	
Oxyde de fer.	1,58	
Phosphate de chaux.	0,096	$Ph^2 O^5 = 0,044$
Carbonate de chaux	75,94	
Carbonate de magnésie.	0,17	
	98,496	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,504	

Digitized by Google

Craie glauconieuse du Mont-d'Origny, Aisne.

Argile, sable, glauconie.	30,04	
Silice soluble.	1,19	
Oxyde de fer.	1,34	
Phosphate de chaux	0,17	$Ph^2 O^5 = 0,080$
Carbonate de chaux	64,43	
Carbonate de magnésie.	0,91	
	98,08	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,92	

ASSISE DE LA CRAIE MARNEUSE.

Dieves du Mont-d'Origny, Aisne.

Argile et sable	64,56	
Silice soluble.	3,28	
Oxyde de fer.	3,50	
Phosphate de chaux.	0,16	$Ph^2 O^5 = 0,077$
Carbonate de chanx	21,24	
Carbonate de magnésie	2,79	
	95,53	
Eau de constitution et éléments non dosés	4,47	

Craie à Inoceramus Labiatus de Compton, Hampshire, Angleterre.

Argile et sable	0,72	
Silice soluble.	0,06	
Oxyde de fer.	0,20	
Phosphate de chaux.	0,12	$Ph^2 O^5 — 0,055$
Carbonate de chaux	98,35	
Carbonate de magnésie.	0,40	
	99,85	

Dieves de Chaumont-Porcien, Ardennes.

Argile et sable	64,70	
Silice soluble.	5,81	
Oxyde de fer.	3,45	
Phosphate de chaux	0,133	$Ph^2 O^5 = 0,061$
Carbonate de chaux	21,42	
Carbonate de magnésie	3,14	
	98,653	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,347	

Digitized by Google

ASSISE DE LA CRAIE A MICRASTER.

Craie de la route d'Inchy à Neuvilly, Nord. — Zone à Micraster Breviporus.

Sable, argile, glauconie	9,97	
Silice soluble.	1,13	
Oxyde de fer.	1,08	
Sulfate de chaux	0,092	
Phosphate de chaux.	1,49	$Ph^2 O^5 = 0,682$
Carbonate de chaux	84,74	
Carbonate de magnésie.	0,12	
	98,622	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,378	

Craie de Bonavy, Nord. — Zone à Micraster Breviporus.

Sable, glauconie, argile.	4,58	
Silice soluble.	0,48	
Oxyde de fer.	1,15	
Sulfate de chaux	0,79	
Phosphate de chaux.	6,15	$Ph^2 O^2 = 2,817$
Carbonate de chaux	85,30	
Carbonate de magnésie.	1,37	
	99,82	

Craie de Lesdain, Nord. — Zone à Micraster Breviporus

Sable, argile.	5,95	
Silice soluble.	0,81	
Oxyde de fer.	0,92	
Phosphate ds chaux	1,024	$Ph^2 O^5 = 0,469$
Carbonate de chaux	90,25	
Carbonate de magnésie.	0,74	
	99,694	

Craie de Rieux, Nord. — Zone à Micraster Breviporus.

Sable, argile, glauconie.	9,33	
Silice soluble.	0,52	
Oxyde de fer.	0,72	
Sulfate de chaux	0,39	
Phosphate de chaux.	5,558	$Ph^2 O^5 = 2,526$
Carbonate de chaux	82,94	
Carbonate de magnésie	0,22	
	99,678	

Digitized by Google

Craie grise à Micraster Breviporus, route de Bevilers à Viesly, Nord.

Argile et sable	7,97	
Silice soluble	0,59	
Oxyde de fer	0,42	
Phosphate de chaux	0,186	$Ph^2 O^5 = 0,085$
Carbonate de chaux	90,26	
Carbonate de magnésie	0,02	
	99,446	

Craie grisâtre de Thélus, Pas-de-Calais. — Zone à Micraster cor testudinarium.

Argile et sable	0,75	
Silice soluble	0,23	
Oxyde de fer	0,25	
Phosphate de chaux	1,33	$Ph^2 O^5 = 0,610$
Carbonate de chaux	97,33	
	99,89	

Craie de Lens. — Zone à Micraster cor testudinarium.

Argile	1,93	
Silice soluble	0,51	
Oxyde de fer	0,22	
Phosphate de chaux	0,26	$Ph^2 O^5 = 0,120$
Carbonate de chaux	96,94	
	99,86	

Partie inférieure dure de la craie de Saint-Laurent près Arras — Zone à Micraster cor testudinarium.

Argile	0,40	
Silice soluble	0,27	
Oxyde de fer	0,28	
Phosphate de chaux	0,11	$Ph^2 O^5 = 0,05$
Carbonate de chaux	97,80	
Carbonate de magnésie	1,04	
	99,90	

Digitized by Google

Partie supérieure de la craie de Saint-Laurent, près Arras. — Zone à Micraster cor testudinarium.

Argile	1,10	
Silice soluble	0,15	
Oxyde de fer	0,40	
Phosphate de chaux	0,11	$Ph^2 O^5 = 0,053$
Carbonate de chaux	98,21	
	99,97	

Craie à Micraster cor testudinarium de Vilers-lez-Cagnicourt, Pas-de-Calais.

Argile	0,70	
Silice soluble	0,14	
Oxyde de fer	0,38	
Phosphate de chaux	0,42	$Ph^2 O^5 = 0,193$
Carbonate de chaux	98,32	
	99,96	

Craie à Micraster cor testudinarium d'Haucourt, Nord.

Argile	2,45	
Silice soluble	0,20	
Oxyde de fer	0,25	
Phosphate de chaux	0,26	$Ph^2 O^5 = 0,122$
Carbonate de chaux	96,64	
Carbonate de magnésie	0,11	
	99,91	

Craie à Micraster cor testudinarium de Croisilles, Pas-de-Calais.

Argile	0,97	
Silice soluble	0,15	
Oxyde de fer	0,25	
Phosphate de chaux	0,16	$Ph^2 O^5 = 0,077$
Carbonate de chaux	98,14	
Carbonate de magnésie	0,21	
	99,88	

Digitized by Google

Craie à Micraster cor testudinarium de Dury, Pas-de-Calais.

Argile	1,45	
Silice soluble	0,26	
Oxyde de fer	0,24	
Phosphate de chaux	0,22	$Ph^2\ O^5 = 0,100$
Carbonate de chaux	97,55	
Carbonate de magnésie	0,23	
	99,95	

Craie à Micraster cor testudinarium de Cattenières, Nord.

Argile	1,48	
Silice soluble	0,15	
Oxyde de fer	0,26	
Phosphate de chaux	0,18	$Ph^2\ O^5 = 0,083$
Carbonate de chaux	97,84	
	99,91	

Craie à Micraster cor testudinarium, de Blangy, Pas-de-Calais.

Argile	1,55	
Silice soluble	0,34	
Oxyde de fer	0,15	
Phosphate de chaux	0,603	$Ph^2\ O^5 = 0,276$
Carbonate de chaux	96,84	
Carbonate de magnésie	0,46	
	99,943	

Craie à Micraster cor testudinarium de Beauvois, Nord.

Argile	1,25	
Silice soluble	0,17	
Oxyde de fer	0,14	
Sulfate de chaux	0,46	
Phosphate de chaux	0,245	$Ph^2\ O^5 = 0,112$
Carbonate de chaux	97,24	
Carbonate de magnésie	0,39	
	99,895	

Digitized by Google

Craie à Micraster cor testudinarium de Neuville-Vitasse, Pas-de-Calais.

Argile	0,78	
Silice soluble	0,09	
Oxyde de fer	0,13	
Sulfate de chaux	0,092	
Phosphate de chaux	0,388	$Ph^2 O^5 = 0,178$
Carbonate de chaux	97,99	
Carbonate de magnésie	0,44	
	99,910	

ASSISE DE LA CRAIE A BELEMNITES.

Craie à Belemnitelles de Clynn, Irlande.

Argile	0,35	
Silice soluble	0,15	
Oxyde de fer	0,10	
Phosphate de chaux	0,135	$Ph^2 Q^5 = 0,062$
Carbonate de chaux	99,12	
Carbonate de magnésie	0,13	
	99,985	

Craie à marsupites et belemnites vera de Compton, Hampshire, Angleterre.

Argile	0,70	
Silice soluble	0,10	
Oxyde de fer	0,084	
Phosphate de chaux	0,085	$Ph^2 O^5 = 0,039$
Carbonate de chaux	98,85	
Carbonate de magnésie	0,15	
	99,969	

Craie à Belemnites mucronatus de Swanage-Bay, Dorsetshire, Angleterre.

Argile	0,38	
Silice soluble	0,11	
Oxyde de fer	0,54	
Phosphate de chaux	0,18	$Ph^2 O^5 = 0,082$
Carbonate de chaux	97,99	
Carbonate de magnésie	0,62	
	99,82	

Digitized by Google

TERRAIN EOCÈNE.

Tuffeau d'Anappes, Nord. — Éocène inférieur.

Sable, argile, glauconie	78,90	
Silice soluble.	1,24	
Oxyde de fer.	1.21	
Phosphate de chaux.	0,19	$Ph^2 O^5 = 0,088$
Carbonate de chaux	15,77	
Carbonate de magnésie	0,66	
	97,97	
Eau de constitution et éléments non dosés	2,03	

Argile noire plastique, lentille au milieu des sables; Nierynies. Nord. — Éocène inférieur.

Argile.	63,36	
Sable	24,56	
Silice soluble.	1,91	
Oxyde de fer.	0,26	
Sulfate de chaux	0,014	
Phosphate de chaux.	0,013	$Ph^2 O^5 = 0,006$
Carbonate de chaux	2,40	
Carbonate de magnésie	0,34	
	92,857	
Eau de constitution et éléments non dosés	7,143	

Sables à Pinna Magaritacea, Cassel, Nord. — Eocène moyen

Sable glauconieux, argile	97,68	
Silice soluble.	0,62	
Oxyde de fer	0,57	
Phosphate de chaux.	0,072	$Ph^2 O^5 = 0,033$
Carbonate de chaux	0,37	
Carbonate de magnésie.	0,13	
	99,442	

Digitized by Google

Turritelles, de Cassel, Nord. — Zone dure.

Sable ; glauconie, argile.	47,25	
Silice soluble.	1,05	
Oxyde de fer.	1,75	
Phosphate de chaux.	0,12	$Ph^2 O^5 = 0,055$
Carbonate de chaux.	48,38	
Carbonate de magnésie.	0,98	
	99,53	

Sables à Turritelles de Cassel, Nord. — Zone tendre.

Sable, argile, glauconie.	70,40	
Silice soluble.	0,97	
Oxyde de fer.	0,98	
Phosphate de chaux.	0,072	$Ph^2 O^5 = 0,033$
Carbonate de chaux	26,75	
Carbonate de magnésie.	0,23	
	99,402	

Zone dure des sables de Cassel, à Cerithium gigauteum.

Sable légèrement argileux	51,75	
Silice soluble.	0,13	
Oxyde de fer.	0,56	
Phosphate de chaux	0,085	$Ph^2 O^5 = 0,039$
Carbonate de chaux	46,87	
Carbonate de magnésie	0,10	
	99,495	

Zone des sables de Cassel à Pecten Corneus.

Sable glauconieux, fragments de quarz et argile	81,15	
Silice soluble.	2,65	
Oxyde de fer.	3,64	
Phosphate de chaux	0,168	$Ph^2 O^5 + 0,077$
Carbonate de chaux	6,82	
Carbonate de magnésie.	1,46	
	95,888	
Eau de constitution et éléments non dosés	4,112	

Digitized by Google

Calcaire grossier supérieur de Crouy.

Sable argileux	13,35	
Silice soluble	0,25	
Oxyde de fer	0,26	
Sulfate de chaux	0,129	
Phosphate de chaux	0,048	$Ph^2 O^5 = 0,022$
Carbonate de chaux	84,63	
Carbonate de magnésie	1,30	
	99,967	

TERRAIN OLIGOCÈNE.

Calcaire de Beauce provenant de Pithiviers.

Agile	0,82	
Silice soluble	0,21	
Oxyde de fer	0,38	
Sulfate de chaux	0,333	
Phosphate de chaux	0,085	$Ph^2 O^5 = 0,039$
Carbonate de chaux	95,97	
Carbonate de magnésie	1,62	
	99,417	

Ces analyses montrent que l'acide phosphorique existe à tous les niveaux de la série géologique, quelle que soit la composition chimique des roches; non point sous forme de nodules de phosphates de chaux, ce qui n'est qu'accidentel, mais à l'état de mélange intime avec les différents éléments qui forment les roches sédimentaires. Mais qu'elle est l'origine de l'acide phosphorique que l'on trouve ainsi disséminé dans toutes les roches ?

On sait, depuis différents travaux assez récents, que l'acide phosphorique est produit continuellement par les sources; or, ces sources vont ensuite se rendre dans les mers, et là elles laissent déposer du phosphate de chaux en même temps que les autres éléments qu'elles tiennent en solution ou en suspension. Comme il y a eu des

Digitized by Google

sources à toutes les époques, que ces sources ont donné naissance à des dépôts de phosphate de chaux, comme le prouvent les différents bancs de nodules de phosphate que l'on rencontre dans certains terrains, on doit nécessairement trouver dans toutes les roches sédimentaires du phosphate de chaux intimement mélangé avec les différentes substances qui forment la roche. Seulement, si la quantité d'acide phosphorique vient à augmenter notablement il se formera des nodules plus ou moins riches en phosphate de chaux. Telle est, selon moi, l'explication la plus rationnelle de la présence du phosphate de chaux que l'on trouve intimement mélangé avec les autres éléments de toutes les roches sédimentaires; aussi, ne puis-je partager l'opinion de M. Savoye, qui semble admettre[1] que le phosphate de chaux que l'on rencontre dans la craie provient de la destruction de bancs de phosphate plus anciens. L'opinion de M. Savoye est exacte dans quelques cas particuliers lorsque les nodules se rencontrent en un point déterminé et voisin du banc de phosphate de chaux, comme par exemple, pour le tun supérieur de Lezennes, Nord, et pour le poudingue de la Malonne près de Mons; mais il est impossible d'admettre qu'il y ait eu partout des bancs de phosphate de chaux qui, par suite de leur destruction, auraient fourni le phosphate que l'on trouve disséminé dans toutes les roches sédimentaires.

Du reste, différents travaux viennent appuyer l'hypothèse que j'ai émise plus haut. Ainsi, M. Garrigou[2] a trouvé de l'acide phosphorique dans les dépôts produits par certaines sources des Pyrénées. M. Truchot[3] a également signalé dans les sources des terrains volcaniques de l'Auvergne, environ un milligramme d'acide phosphorique par litre. L'acide phosphorique a aussi été

(1) Mémoires de la Société des Sciences de Lille, 3e série, vol. VIII, p. 470, 1870.
(2) Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXIX, p. 925, 1874.
(3) Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXI, p. 1027, 1875.

Digitized by Google

rencontré par Graham dans les puits du bassin de Londres[1]. Enfin, j'ai moi-même trouvé 0,013 °/₀ de phosphate de chaux dans le dépôt formé par les eaux d'Emmerin, dans l'alambic du laboratoire de chimie de la Faculté des Sciences. En somme, il en en est de l'acide phosphorique comme de la silice soluble, de l'oxyde de fer et la magnésie, que l'on rencontre dans toutes les roches sédimentaires en plus ou moins grande quantité.

Ces analyses montrent, en outre, que la composition de la craie d'Angleterre est tout-à-fait semblable à celle de la craie française.

On voit aussi par ces analyses que l'on rencontre assez fréquemment dans les roches sédimentaires des quantités appréciables de carbonate ferreux et de sulfate de chaux, aussi ne doit-on pas négliger de rechercher dans les roches la présence de ces deux corps.

Enfin, les roches argileuses renferment toujours une proportion relativement considérable de silice soluble provenant de l'argile contenue dans les roches, sans cependant appartenir à l'étage de la gaïze où la silice soluble avait d'abord été signalée en proportion notable.

COMPOSITION DE QUELQUES NODULES APPARTENANT A DIFFÉRENTS TERRAINS.

Nodule trouvé dans la craie d'Avesnes-les-Aubert, à Micraster cor testudinarium.

Argile	0,35	
Silice soluble	0,24	
Sulfate de chaux	0,281	
Phosphate de chaux	1,063	$Ph^2 O^5 = 0,487$
Carbonate de magnésie	0,77	

On n'a pas dosé les autres éléments.

(1) *Philosophical Magazin*, vol. XXVII, 3e série, p. 369.

Digitized by Google

Nodule trouvé dans la craie à Micraster cor testudinarium, de Viesly, Nord.

Argile et sable	1,18	
Silice soluble.	0,31	
Phosphate de chaux.	0,109	$Ph^2 O^5 = 0,050$
Carbonate de magnésie.	0,77	

Od n'a pas dosé les autres éléments.

Nodule trouvé à Shalcombdown, Ile de Wight.

Argile	2,43	
Silice soluble.	0,72	
Oxyde de fer.	0,89	
Phosphate de chaux.	4,48	$Ph^2 O^5 = 2,052$
Carbonate de chaux	91,25	
	99,77	

Nodule trouvé dans la craie à Micraster Breviporus, à la carrière de la Croix Rethel.

Argile	0,60	
Silice soluble.	0,23	
Oxyde de fer	0,37	
Phosphate de chaux	4,80	$Ph^2 O^5 = 2,20$
Carbonate de chaux	93,96	
	99,96	

Nodule trouvé dans la craie glauconieuse de Swanage, Angleterre.

Sable et argile	8,40	
Silice soluble.	1,14	
Oxyde de fer	1,96	
Sulfate de chaux	0,91	
Phosphate de chaux.	19,91	$Ph^2 O^5 = 9,116$
Carbonate de chaux	65,62	
Carbonate de magnésie.	0,89	
	98,83	
Eau de constitution et éléments non dosés	1,17	

Digitized by Google

Nodule renfermé dans la craie de Carnières, Nord, à Micraster cor testudinarium.

Argile et sable	0,39	
Silice soluble.	0,20	
Sulfate de chaux	0,266	
Phosphate de chaux	5,98	$Ph^2 O^5 = 2,74$
Carbonate de magnésie.	0,68	

On n'a pas dosé les autres éléments.

Nodule contenu dans la craie d'Avesnes-les-Aubert, à Micraster Breviporus.

Sable et argile	0,68	
Silice soluble.	1,53	
Phosphate de chaux.	30,50	$Ph^2 O^5 = 13,97$
Sulfate de chaux	1,75	
Carbonate de magnésie	1,24	

On n'a pas dosé les autres éléments.

Nodule contenu dans les schistes de Glageon. — Dévonien supérieur.

Argile	15,95	
Silice soluble.	1,31	
Oxyde de fer.	0,63	
Phosphate de chaux	0,646	$Ph^2 O^5 = 0,296$
Carbonate de chaux	77,68	
Sidérose.	2,57	$Fe\ O = 1,595$
Carbonate de magnésie	1,07	
	99,856	

On voit, d'après ces analyses, que la composition des nodules que l'on rencontre dans les différents terrains, est très-variable.

Digitized by Google

COMPOSITION INTÉRIEURE DE QUELQUES FOSSILES

	$Ph^2O^8Ca^3$	Ph^2O
Micraster cor testudinarium de Carnières	0,424 %	0,194 %
Echinochoris gibbus, Bevillers à Viesly	0,135	0,062
Micraster cor testudinarium, Inchy à Biastre . .	18,97	8,23
Micraster cor testudinarium, Bevillers à Viesly .	1,65	0,757
Micraster cor testudinarium, Rieux	1,27	0,580
Micraster cor testudinarium, de Neuville-Vitasse.	0,209	0,127
Micraster cor testudinarium, de Blangy.	0,458	0,210
Micraster Breviporus, route de Fontaine-au-Tertre à Saint-Hilaire	0,020	0,009

On voit, d'après ce tableau, que la proportion de phosphate de chaux que l'on rencontre dans l'intérieur des fossiles, ressemble à celle qui existe dans les nodules, ce qui n'a rien de surprenant quand on sait que le centre des nodules est généralement occupé par un fossile ou un corps étranger ayant servi de centre d'attraction. Les résultats obtenus par M. Savoye pour la composition intérieure des fossiles concordent avec ceux-ci.

MÉTHODES SUIVIES DANS L'ANALYSE DES ROCHES.

Les procédés de dosage employés dans ces recherches étant bien connus, je me bornerai à les indiquer sommairement.

Détermination de la partie insoluble dans les acides. — Les échantillons sont d'abord broyés puis séchés à 120°. On traite ensuite par l'acide chlorhydrique, suivant la nature de la roche, 20 gr., 50 gr. ou 100 gr. de l'échantillon séché et on porte à l'ébullition. La partie insoluble dans l'acide chlorhydrique donne après filtration et calcination la proportion de sable, d'argile et de glauconie renfermée dans la roche.

Digitized by Google

Détermination de la silice soluble. — La liqueur filtrée provenant du dosage des matières insolubles est évaporée à siccité pour rendre la silice insoluble. La masse desséchée est reprise par de l'eau additionnée d'acide chlorhydrique, on filtre et par incinération on obtient la silice soluble dans les acides contenue dans la roche. Les liqueurs, après séparation de la silice, sont portées au volume d'un litre pour servir à la détermination des autres éléments.

Ce procédé, pour déterminer la silice soluble est exact pour les calcaires, mais il n'en est plus de même lorsqu'on a affaire à des roches argileuses qui contiennent en général, outre la silice soluble dans l'acide chlorhydrique, de la silice soluble dans les alcalis; aussi, pour obtenir toute la silice soluble contenue dans les roches de cette nature, doit-on faire bouillir à plusieurs reprises une nouvelle quantité de la matière primitive avec du carbonate de soude, filtrer, neutraliser la liqueur par de l'acide chlorhydrique, évaporer à sec, reprendre par de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, filtrer et incinérer. Seulement, on devra retrancher l'augmentation de silice soluble ainsi obtenue par le carbonate de soude des matières insolubles déterminées comme il a été dit plus haut. L'analyse de la meule de Bracquenies, Belgique, montre toute l'importance qu'il y a à opérer comme il vient d'être dit pour déterminer la silice soluble; ainsi, cette roche donne 0,87 °/₀ de silice soluble par le traitement à l'acide chlorhydrique, tandis qu'elle en fournit 14,84 °/₀ par l'ébullition avec le carbonate de soude.

Détermination de l'oxyde de fer et de l'acide phosphorique. — On traite par un excès d'ammoniaque 500^{cc} de la liqueur portée précédemment au volume d'un litre, il se forme un précipité contenant l'acide phosphorique uni à de l'oxyde de fer, à de la chaux et de la magnésie.

Digitized by Google

Ce précipité est recueilli sur un filtre et redissous dans de l'acide chlorhydrique ; cette précipitation par l'ammoniaque de l'oxyde de fer et de l'acide phosphorique a pour but de se débarrasser de la plus grande partie de la chaux. La solution chlorhydrique du précipité est ensuite amenée à un très-petit volume, additionnée d'acide sulfureux pour faire passer le fer à l'état de sel ferreux et portée à l'ébullition dans un ballon dans lequel passe un courant d'acide carbonique afin d'éviter l'action de l'oxygène de l'air. Lorsque l'acide sulfureux en excès a été chassé par l'ébullition, on laisse la liqueur se refroidir à l'abri de l'air et on dose le fer par le caméléon.

Après le dosage du fer la liqueur est additionnée d'un grand excès d'ammoniaque, il se forme un précipité que l'on redissout à l'aide de l'acide citrique en ayant soin que la liqueur reste alcaline, puis on ajoute du chlorure double d'ammonium et de magnésium, enfin de l'ammoniaque et on abandonne la liqueur à elle-même pendant 24 heures afin de donner au précipité de phosphate ammoniaco magnésien le temps de se former. Après 24 heures on sépare par le filtre le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, on le lave à l'eau ammoniacale, puis on le redissout dans l'acide nitrique et on dose l'acide phosphorique qu'il contient à l'aide de la liqueur titrée d'Urane par la méthode Joulie. Connaissant l'acide phosphorique on en déduit facilement la proportion de phosphate de chaux contenue dans la roche.

Détermination de l'acide sulfurique. — On prend 200^{cc} de la liqueur primitive, on y ajoute du chlorure de baryum et on dose l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte, d'où l'on déduit la proportion de sulfate de chaux renfermée dans la roche.

Déterminatien de la chaux. — 50^{cc} de la liqueur pri-

Digitized by Google

mitive sont neutralisés par de l'ammoniaque, puis la liqueur est rendue acide par de l'acide acétique et un peu d'acide citrique, pour redissoudre le phosphate de fer qui est insoluble dans l acide acétique. Dans cette liqueur la chaux est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, on laisse reposer le précipité 24 heures, on filtre, on transforme l'oxalate de chaux en sulfate de chaux et du poids de ce dernier on déduit la chaux et par suite le carbonate de chaux, en tenant compte de la chaux combinée aux acides phosphorique et sulfurique.

Détermination de la magnésie. — Dans 200$^{cc.}$ de la liqueur primitive on enlève la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, comme il a été dit au dosage de la chaux; après séparation par le filtre du précipité d'oxalate on concentre la liqueur et on y joint les eaux de lavage provenant du dosage de la chaux. Les liqueurs étant ramenées à 1/4 de litre environ sont neutralisées par l'ammoniaque, additionnées de phosphate de soude, puis d'un excès d'ammoniaque et abandonnées au repos. Il se forme un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, après 24 heures on sépare ce précipité de la liqueur et on dose l'acide phosphorique qu'il contient à l'aide de la liqueur titrée d'urane, comme il a été dit au dosage de l'acide phosphorique. On en déduit facilement la proportion de carbonate de magnésie contenue dans la roche.

Lorsque les roches sont pauvres en chaux, le dosage de la chaux s'effectue sur 250$^{cc.}$, et le dosage de la magnésie se fait dans les liqueurs provenant du dosage de la chaux.

Détermination du protoxyde de fer. — On attaque à l'ébullition 10 gr. de la roche par l'acide chlorhydrique, l'opération se fait dans un ballon dans lequel passe un courant d'acide carbonique, après refroidissement de la liqueur à l'abri de l'air, on détermine le protoxyde de

Digitized by Google

fer qu'il contient à l'aide du caméléon. Lorsque la roche contient une notable proportion de matières insolubles dans l'acide chlorhydrique, on porte à un volume déterminé le produit de l'action de l'acide chlorhydrique sur la roche, on laisse reposer à l'abri de l'air et sur un volume déterminé de la liqueur claire on dose le protoxyde de fer par le caméléon, on en déduit facilement le carbonate de fer contenu dans la roche. D'un autre côté, connaissant le fer total contenu dans la roche, obtenu, comme il a été dit au dosage du fer et de l'acide phosphorique, on obtient le sesquioxyde de fer contenu dans la roche en retranchant du fer total le fer à l'état de sidérose.

Digitized by Google

MÉTHODE

POUR

RETIRER LE PLATINE DES CHLOROPLATINATES

Par E. DUVILLIER,

Licencié ès-sciences physiques,
Préparateur de chimie à la Faculté des Sciences de Lille.

(*Lu dans la séance du 23 juin 1876*).

On peut mettre à profit pour retirer le platine des chloroplatinates, la propriété connue que présentent les sels de platine d'être réduits à l'ébullition par les formiates alcalins en présence des alcalis.

Pour le chloroplatinate de potassium, les proportions suivantes :

100 grammes de chloroplatinate de potassium;
50 grammes de formiate de soude sec;
50 centimètres cubes de soude caustique à 30° Béaumé;
1 litre d'eau environ

conduisent à de bons résultats en opérant comme il suit:

On porte à l'ébullition, ou à une température voisine, dans une capsule ou mieux dans une fiole à fond plat chauffée au bain de sable, la solution du formiate de soude additionnée de soude caustique, puis on ajoute par petites portions le chloroplatinate. Il se produit immé-

Digitized by Google

diatement une vive effervescence due à un dégagement d'acide carbonique provenant de la réduction du sel de platine par la formiate de soude. L'effervescence calmée, on ajoute une nouvelle quantité de sel de platine et on continue ainsi jusqu'à ce que tout le sel de platine ait été introduit. On maintient alors l'ébullition environ quinze minutes, le platine pulverulent se rassemble, on décante le liquide et on lave à plusieurs reprises la poudre métallique avec de l'eau bouillante acidulée par l'acide chlorhydrique, l'addition de cet acide a pour but de faire rassembler la platine beaucoup plus rapidement. La poudre de platine, sans avoir été préalablement séchée, est ensuite transformée en chlorure de platine par de l'eau régale légèrement étendue d'eau afin d'éviter une réaction trop vive.

Quant aux liqueurs provenant du dosage de la potasse, formées de chlorure de platine et de chloroplatinate de sodium en solution dans l'éther et l'alcool, on les distille pour recueillir l'alcool. Pendant cette opération, une partie notable de ces sels est réduite; on neutralise ensuite la liqueur par la soude en ayant soin d'en ajouter un excès, on porte à l'ébullition et on ajoute par petites portions du formiate de soude en solution, tant qu'il se produit une effervescence. Il ne reste plus qu'à laver le platine et à le transformer. en chlorure, comme il a été dit plus haut pour le chloroplatinate de potassium.

Je me suis assuré qu'en réduisant ainsi les sels de platine à l'aide du formiate de soude il ne restait jamais de sel de platine dans les liqueurs.

Digitized by Google

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

DU

TERRAIN HOUILLER D'AUCHY-AU-BOIS

THÉORIE

SUR LE PROLONGEMENT AU SUD DE LA ZONE HOUILLÈRE DU PAS-DE-CALAIS

ET

COMPARAISON DES TERRAINS HOUILLERS D'AUCHY-AU-BOIS ET DU BOULONNAIS,[1]

PAR

LUDOVIC BRETON.

PRÉFACE.

Si l'on veut un jour faire une étude générale du bassin du Pas-de-Calais, il est nécessaire de faire d'abord une étude détaillée de chacune des concessions houillères; l'ingénieur qui dirige les travaux d'exploitation possède, mieux que personne, les éléments pour faire ce travail d'une façon sérieuse, et, en publiant les observations qu'il a recueillies, il viendra certainement en aide à ses collègues des autres

Digitized by Google

concessions, pour exécuter leurs travaux de recherches avec plus de sûreté.

Le tracé des failles surtout, quoique n'étant pas rigoureusement rectiligne, peut être prolongé sur les concessions voisines, suivant une direction moyenne, et l'ensemble des couches présente souvent des caractères qui permettent de relier, sinon les veines, du moins un ensemble de veines de deux exploitations différentes.

Enfin, il y a des conditions spéciales de gisement qui ne peuvent manquer d'intéresser ceux qui s'occupent de l'exploitation des mines et de l'étude de la géologie.

C'est en me pénétrant de ces idées que je vais décrire le gisement houiller d'Auchy-au-Bois.

Sa faible largeur, à une petite profondeur, a permis de le traverser de part en part et de reconnaître ses rapports avec les terrains encaissants; il offre, en outre, certaines particularités fort intéressantes.

PREMIÈRE PARTIE.

DÉLIMITATIONS DE LA CONCESSION D'AUCHY-AU-BOIS.

La concession des mines de houille d'Auchy-au-Bois est située sur les communes de Liettres, Rely, Saint-Hilaire, Lières, Lespesses, Ames, Auchy-au-Bois, Enquin, Estrée-Blanche, arrondissements de Béthune et de Saint-Omer (Pas-de-Calais).

Les fosses sont reliées au chemin de fer des houillères par un chemin de fer de huit kilomètres, propriété de la

Digitized by Google

Compagnie, qui aboutit à la gare de Lillers. Sur le canal d'Aire à La Bassée, les deux Compagnies de Ferfay et d'Auchy-au-Bois possèdent, en commun, une gare d'eau pour l'expédition de leurs produits.

Cette concession fut accordée par décret impérial du 29 décembre 1855, et, le 23 avril 1863, il lui fut ajouté une extension; elle est aujourd'hui délimitée comme suit *(Planche I)*:

A l'Est, par la droite prolongée qui joint le clocher d'Amettes à celui d'Ames, depuis le point N, où elle rencontre la ligne qui joint le clocher d'Auchy-au-Bois, point S, au point R situé à l'intersection de l'axe du chemin vicinal de grande communication N° 65, d'Arras à Thérouanne, avec l'axe de la route nationale N° 16, de Paris à Dunkerque, jusqu'au point I, où elle coupe la ligne VP menée du point P d'intersection des axes des chemins dits le chemin de Lières et la Cavée-du-Moulin, commune de Lières, au clocher de Burbure. (Cette droite forme la limite Ouest de la concession de Ferfay.)

Au Nord, par la portion de la ligne qui joint le point P au clocher de Burbure, comprise entre le point I et le point P, et par la droite P U, tirée du point P sur le clocher de Serny et arrêtée au point U, où elle coupe la droite qui réunit les clochers de Liettres et de Fléchin.

A l'Ouest, par la portion de cette droite, comprise entre le point U et le point T, où elle rencontre la ligne qui joint l'angle oriental de la ferme du Corroy, commune d'Enquin, au clocher d'Auchy-au-Bois.

Au Sud, par la ligne brisée T X S N, formée : 1° par la droite T X, menée du point T ci-dessus défini au point X, intersection de la route départementale N° 13, d'Hesdin à St-Hilaire, et du chemin vicinal de Ligny-lez-Aire à Amettes; 2° par la droite X S, menée du point précédent X au clocher d'Auchy-au-Bois, point S; 3° par la droite

Digitized by Google

S N, dirigée dudit point S vers le point R ci-dessus défini, cette ligne étant arrêtée au point de départ N.

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de 13 kilomètres carrés, 63 hectares. La Compagnie demande en ce moment une nouvelle extension le long de sa limite Sud actuelle.

HISTORIQUE DES TRAVAUX.

Quand la société de recherches eut découvert par des sondages le terrain houiller d'Auchy-au-Bois, on traça sur le plan de surface, approximativement, les lignes d'affleurement nord et sud du gisement; ces renseignements étaient suffisants pour délimiter la concession. La connaissance imparfaite qu'on avait, au début de l'entreprise, ne fut pas éclairée par de nouveaux sondages, destinés à préciser la position de la première fosse. On pensait alors que la zône houillère d'Auchy-au-Bois avait la forme d'un U très-ouvert (∪) et l'on croyait que les limites étaient les extrémités des branches de l'U, ce qui n'est pas exact. Le bassin d'Auchy-au-Bois, dans la partie indiquée sur les cartes comme non recouverte de terrains plus anciens n'est qu'une partie de l'une des branches d'un U fermé et incliné au sud ( ) formant cependant encore un massif de 450 mètres de puissance, s'enfonçant à une assez grande profondeur; plus au sud, l'épaisseur du massif augmente, mais le terrain houiller ne s'y rencontre qu'à une profondeur plus grande. Enfin, à cette époque les exploitants en plaçant la fosse N° 1 (*Planche I et II*) où elle est, croyaient sans doute que le point choisi était près de l'axe du bassin, mais il n'en fut pas ainsi, car cette fosse N° 1, trop au nord, rencontra le terrain houiller à 141 mètres de profondeur et le calcaire carbonifère à

Digitized by Google

201 mètres, ne recoupant que 60 m. de terrain houiller. D'après la pente de la surface de contact des deux terrains, le terrain houiller a sa limite d'affleurement à 67 mètres au nor de la fosse.

Le calcaire fut à peine entamé; il était prudent d'arrêter le fonçage, dans la crainte de trouver de l'eau jaillissante, la petite quantité d'eau qui en provient est insignifiante, mais elle ne tarit pas.

Dans les autres concessions, la première fosse fut placée aussi avec des données incertaines, mais la zône houillère étant plus large, l'erreur était moins à craindre; on se réservait, du reste, d'étudier le gisement par des travaux souterrains, et de placer ensuite les autres fosses avec plus de certitude de réussite.

La fosse N° 1 se trouvant ainsi à sa profondeur définitive et sans espoir d'avoir une exploitation au nord, n'avait pas d'autre avenir que d'être une fosse d'études, et, à ce point de vue, elle pouvait être très-utile. C'est ainsi du reste, que les exploitants parurent le comprendre, en ouvrant deux accrochages au sud, aux niveaux de 159 mètres et de 194 mètres et en dirigeant deux galeries à travers bancs, de manière à traverser le massif houiller dans toute son épaisseur tout aussi bien qu'un puits vertical en plein bassin, puisque les couches inclinent au sud. La richesse du gisement fut bientôt prouvée par la découverte de veines que nous étudions plus loin. Dès ce moment, un nouveau puits aurait dû être créé pour prendre les veines en pied. D'autres idées prévalurent, et cette fosse N° 1, limitée dans sa production, mais pouvant devenir très-utile comme fosse d'aérage et de sauvetage, fut sacrifiée, et des considérations différentes déterminèrent l'emplacement d'un second puits. C'était en 1862, la vente des charbons était difficile, et, pour en avoir un débouché certain, on se rapprocha de la route départementale de St.-Hilaire à Hesdin. On quittait donc la partie relativement régulière du bassin reconnue par les

Digitized by Google

travaux d'exploitation de la fosse N° 1, pour se placer dans l'inconnu. Le terrain houiller, à ce nouveau puits (*Planche I et III*), fut rencontré à 145 mètres de profondeur; les couches ayant leur pente à l'ouest étaient, en outre, renversées, et on ne put déterminer de suite quelle était leur allure générale; aussi les galeries à travers bancs, dites bowettes, au lieu de suivre une direction bien déterminée, perpendiculaire à celle des veines, marchèrent par tâtonnement, et ce ne fut qu'après des contours sans fin, qu'elles furent dirigées vers le nord. Le sud fut à peine exploré.

De belles veines furent cependant rencontrées et exploitées, mais cette idée qu'on avait de la zône houillère d'Auchy-au-Bois en forme de ∪ très-ouvert, dominant à cette époque (la forme en cuvette qui présentèrent les premières veines rencontrées dans la fosse N° 2 pouvait bien faire croire à cette disposition sans qu'on pût en déterminer la cause), fit qu'on ne supposa pas que ces veines devaient faire leur pied au midi, et qu'il suffisait à des étages inférieurs d'aller dans cette direction pour les retrouver, ainsi que d'autres couches. Les exploitants indécis, s'appuyant en outre sur les avis d'ingénieurs compétents, arrêtèrent les travaux des niveaux supérieurs de 175 mètres et 215 mètres, et l'approfondissement fut décidé.

Comme le montre la coupe *(Planche III)* une poussée horizontale du sud vers le nord à la tête du gisement est cause de l'allure en cuvette des couches supérieures, puis des failles brisent les terrains avoisinants, de sorte que, l'approfondissement commencé dans les terrains tourmentés en toit des failles, se continua, après les failles traversées, dans les terrains tourmentés au mur de ces mêmes failles et toute la hauteur foncée ne recoupa que des veines brouillées.

On n'ouvrit qu'un seul étage d'exploitation, au niveau de 395 mètres, laissant 180 mètres de hauteur de puits

Digitized by Google

inexplorée. On agissait prudemment au point de vue des dépenses, puisque le puits n'avait rien donné de bon. Les galeries en travers bancs de ce niveau rencontrèrent de belles veines, assez régulières; un second niveau fut alors établi à 420 mètres de profondeur, où les mêmes veines sont recoupées.

Tous ces travaux allaient enfin donner de bons résultats quand, le 7 juin 1873, à cinq heures et demie du soir, une épouvantable explosion se produisit: le grisou avait pris feu dans la fosse pendant que l'on exhaussait le cuvelage pour empêcher l'invasion des eaux qui, cette année, ont atteint, dans le bassin du Pas-de-Calais, des niveaux que, de mémoire d'homme, on n'avait rencontrés. Le sous-ingénieur, deux surveillants et quatre ouvriers ont péri. Tout le guidage intérieur fut démoli ainsi que la cloison d'aérage; les pièces de cuvelage nouvellement posées, bougèrent et livrèrent passage à l'eau, jusqu'à ce que le niveau fût déchargé. Enfin, les exploitations des niveaux inférieurs furent complètement noyées et l'eau monta dans la fosse, recouvrant les malheureuses victimes et les débris de toutes sortes.

La réparation du puits, après un tel accident, et sa remise en exploitation, présentaient de sérieuses difficultés; néanmoins cette réparation fut attaquée et menée à bonne fin; des accrochages nouveaux à 270 mètres, à 312 mètres et à 354 mètres, intermédiaires entre ceux de 215 et de 395 mètres, sont percés et les galeries à travers bancs, marchant à la rencontre des veines, promettent d'heureux résultats, où les exploitants trouveront enfin la juste rémunération de tant de déboires et d'ennuis.

A l'époque où avait lieu l'approfondissement de la fosse N° 2, en 1867 et 1868, à la fosse N° 1 *(Planche II)*, on fonçait un puits intérieur, à 488 mètres au sud du puits principal, dans la bowette du niveau de 194 mètres, pour ouvrir des travaux à des niveaux inférieurs. Deux étages d'exploitation à 238 et à 267 mètres y sont percés et on a

Digitized by Google

rencontré par les galeries à travers bancs, les veines déjà connues aux niveaux supérieurs et en belle allure.

Nous ajouterons, pour terminer, qu'une troisième fosse est en creusement à 1,100 mètres au sud du N° 1, pour exploiter les ressources aménagées à ce puits et qu'elle est arrivée au terrain houiller, et qu'une quatrième fosse est commencée pour relier les travaux du N° 2 avec ceux du N° 3.

Avant d'attaquer l'étude du gisement au point de vue vraiment géologique, nous allons d'abord décrire succinctement les veines connues à chaque fosse; elles sont indiquées sur les coupes, nous verrons ensuite comment nous avons pu les relier entre elles.

DESCRIPTION DES VEINES DU TERRAIN HOUILLER D'AUCHY-AU BOIS.

Le calcaire inférieur, base du terrain houiller, ayant été rencontré à la fosse N° 1, dans le puits même, et à la fosse N° 2, à 205 mètres du puits, dans la galerie à travers bancs du nord, niveau de 395 mètres, nous pouvons commencer la description par la base, c'est-à-dire par les couches formées les premières; c'est, du reste, l'ordre chronologique naturel de formation.

Fosse N° 1.

La première couche formée immédiatement sur le calcaire carbonifère est un schiste fossilifère ayant la pâte d'un schiste houiller et les fossiles du calcaire carbonifère, c'est-à-dire que la grande formation houillère commença, alors que la faune du calcaire carbonifère n'était pas encore éteinte.

Ce schiste est en stratification rigoureusement concordante avec le calcaire, dans le creusement de la fosse, l'inspection seule eût pu faire supposer la concordance du ter-

Digitized by Google

rain houiller avec le calcaire carbonifère. Cette observation, d'une grande importance, ne fut pas faite, et ce ne fut que plus tard, comme nous le verrons ci-après, que cette détermination capitale, au point de vue de l'étude et de l'exploitation du bassin houiller d'Auchy-au-Bois, a été résolue.

Le millstone grit, qui, en Angleterre, est interposé entre le calcaire et le terrain houiller, est donc absent à Auchy-au-Bois; pendant son dépôt chez nos voisins, il est probable qu'aucun phénomène sédimentaire ne se produisit chez nous.

Après le schiste fossilifère, qui n'a qu'une épaisseur de quelques mètres, vient un schiste très-homogène, d'un beau noir, d'une pâte fine, piqué de points de pyrite et quelquefois de gros nodules de pyrites; ce schiste correspond à l'assise de l'ampélite alumineux, base du bassin belge. En Belgique, autrefois, ces schistes étaient employés pour fabriquer l'alun.

Après les schistes pyriteux, on trouve le véritable terrain houiller avec tous ses caractères, c'est-à-dire que, à part quelques nodules pyriteux que les terrains des trente premiers mètres renferment encore, et la nature un peu pyriteuse des premières couches combustibles, provenant de ce que les conditions nécessaires pour former la couche d'ampélite alumineux n'avaient sans doute pas encore disparu, les autres caractères sont identiques avec ceux des couches houillères formées les dernières.

Veinules de l'Abbraque. — Ainsi nommées parce qu'elles ont servi à faire l'abbraque; ce nom est donné à une galerie horizontale creusée au fond du puisard de la fosse pour augmenter la capacité du réservoir d'eau. La première veinule a 0m10 et la seconde 0m 20; la distance qui les sépare est de 2m 10. Il n'y a rien de particulier dans le toit et le mur.

Digitized by Google

Petite Veine. — Est formée d'un sillon unique de 0m 50, recouvert de 0m 30 de schistes tendres. Elle a été exploitée à l'origine pour fournir un peu de charbon aux chaudières. A 3 mètres dans le toit, on trouve une passée d'escaillage.

Veine méconnue. — Cette petite veine, d'un sillon unique de 0m 40, a été rencontrée la première dans la fosse, sous le tourtia, puis dans les deux galeries, à travers bancs du sud, et, dernièrement, au fond du puits intérieur, par la bowette du nord. Elle ne paraît pas exploitable.

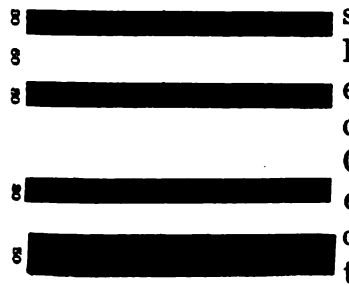
Veine Saint-Antoine. — Est formée en deux sillons séparés par 0m 10 de schistes; celui du toit a 0m 20 et celui du mur 0m 40. Le charbon du sillon du toit est formé de couches de 0m 02 d'épaisseur, avec barres pyriteuses; le charbon du sillon du mur, est, au contraire, très-marchand.

Veine Maréchale. — Est une des belles veines du Pas-de-Calais. Comme son nom l'indique, le charbon est propre à la forge; il a même des qualités supérieures pour cet usage. Il est aussi recherché pour le chauffage industriel. Il est menu, mais d'une grande pureté; l'absence de gailleteries le déconsidère, à première vue, mais le chauffeur ne tarde pas à apprécier sa valeur. Cette veine a été, jusqu'ici, la plus grande ressource de la fosse N° 1; elle a offert des parties assez régulières, indiquées sur la coupe et le plan (*Pl. IV*). Elle est formée de deux sillons séparés par une épaisseur variable de schistes, depuis 0m 02 jusqu'à 0m 20 et même davantage. Le sillon du toit, de

Digitized by Google

0m40 d'épaisseur, donne un charbon très-beau, dans lequel on croirait reconnaître les fibres des plantes qui l'ont formé. Le sillon du mur, de 0m70, est, au contraire, beaucoup moins pur et généralement terne et tendre; il est, néanmoins, toujours mélangé avec le charbon du sillon supérieur. Le toit de la veine Maréchale est peu riche en empreintes. J'y ai recueilli : *le Calamites suckowi, le Sphenopteris chærophylloïdes, le Calamocladus equisetiformis* (Pl. VI) *ou branches des Calamites, des Pinnularia* (Pl. VI) *ou racines de Calamites.* Toutes ces plantes font partie de la flore du bassin d'Hardinghen.

Veine Espérance. — Formée assez généralement de deux sillons de 0m30, séparés par une épaisseur de 0m80 de schistes durs. Cette épaisseur, par trop considérable, a le plus souvent empêché son exploitation. Le charbon est fort beau et très-pur; les grès, au toit, reposent souvent sur la veine.

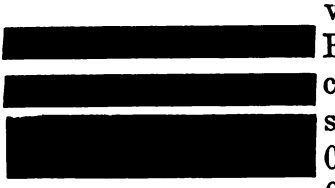


Veine à trois sillons.—Cette veine est la réunion de trois veines qui ont même été exploitées séparément. La première a 0m50, la seconde 0m30, et la troisième est en deux sillons de 0m30 chacun, séparés par 0m60 de schistes. C'est encore un exemple d'une épaisseur en charbon de 1m40, qui serait exploitable si les distances relatives des trois couches étaient moins grandes.

Veine de 0m40. — N'offrant rien de remarquable; exploitée en certains points où elle avait 0m60. Le charbon renferme des parties ternes de la nature du fusain.

Digitized by Google

Veine Saint-Augustin. — Elle est la seconde belle veine du faisceau connu au N° 1.



Elle est formée de trois sillons de charbon, qui sont disposés comme suit : en partant du toit, charbon, 0m40; schistes, 0m05; charbon, 0m40; schistes, 0m10; charbon, 0m80. Malgré de si belles conditions, elle a été peu exploitée; on l'a perdue dans les accidents de terrain et sur d'autres points elle a été rencontrée dans le voisinage des failles, dans de mauvaises conditions; depuis un an, elle est l'objet d'une exploitation qui donne tous les jours les plus belles espérances.

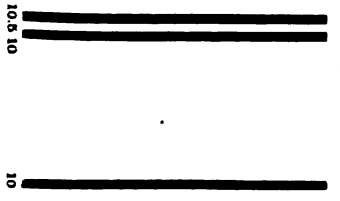
On croyait que la veine Saint-Augustin était la dernière veine pouvant exister dans le puits N° 1. Au-delà, les travers bancs du midi ont été peu poussés, dans la crainte de rencontrer le retour du calcaire, qui était, et est encore pour certains exploitants, le grand danger à redouter, en s'avançant trop au sud, ou bien, ce qui paraît résulter de l'inspection des travaux, on devait être gêné dans l'aérage à une trop grande distance de la fosse. Depuis, les vieux travaux de recherches au midi ont été repris et poussés activement vers la fosse N° 3, placée sur la lèvre sud de la zône houillère. Ces travers bancs rencontrent les veines connues au midi de la fosse N° 2 et dont nous parlerons ci-après; plus un faisceau de veines supérieures encore, d'une grande richesse, dont l'étude sera faite dans un supplément à ce travail.

Fosse N° 2.

La base du terrain houiller a été atteinte par la bowette du nord, niveau de 395 mètres, à 205 mètres du puits; on a successivement traversé : l'ampélite alumineux, les schistes fossilifères, puis le calcaire pétrid'encrines. Contrairement à ce qui est arrivé à la fosse N° 1, le contact du

Digitized by Google

calcaire avec le terrain houiller n'a pas donné une goutte d'eau; on s'est arrêté prudemment, car, quelques mètres au-delà, on eût peut-être trouvé assez d'eau pour noyer la fosse. J'ai pu visiter les différentes couches de la base dans cette galerie et j'ai constaté leur parfaite concordance. Les débris sont encore sur le carreau. MM. Gosselet et Barrois, qui les ont vus, ont recueilli les fossiles suivants : *Orthoceras goldfussianum*, *Nautilus subsulcatus*, *Leda attenuata*, *Arca Lacordairiana*, *Arca arguta*, *Arca élégans*, *Avicula papyracea*, *Spirifer glaber*, *Spirifer trigonalis*, *papyracea Productus semireticulatus*. Rencontré aussi à la fosse N° 3 de Carvin, dans la couche de schistes à fossiles : *Productus Carbonarius*, *Productus Marginalis*, *Poteriocrinus*.



Deux Veinules. — La première couche de houille est une passée de 0m 10, ayant toit et mur, n'offrant rien de particulier; deux mètres, plus haut, on en trouve une seconde en deux sillons de 0m 10 chacun, séparés par 0m 05 de schiste. Cette seconde passée n'offre non plus rien de particulier.

Veine Mérovée.— Formée d'un sillon de 0m 50 massif, dur, donnant du beau charbon; recouvert de 0m 30 de schistes ébouleux tombant avec la veine dans l'abattage. Le toit renferme de petits nodules de pyrites.

A quelques mètres au-dessus se trouve une passée d'escaillage.

Passée de 0m 10. — Peu appréciable aux niveaux de 395 mètres et de 420 mètres, à cause du voisinage de la faille.

Veine sans nom. — On a pu distinguer deux sillons;

Digitized by Google

mais, pour les mêmes causes que ci-dessus, on n'a pu apprécier sa valeur.

Passée de 0m20. — Rencontrée par la bowette du midi, niveau de 420 mètres; n'a offert rien de particulier.

Veine Clovis.— A été recoupée par les deux bowettes du midi, niveaux de 395 mètres et de 420 mètres; elle est formée de deux sillons; celui du mur a 0m80 et celui du toit a 0m20, séparés par 1m de schistes. Cette veine a été un peu exploitée et ce n'est que l'abondance du grisou qui a forcé d'arrêter les travaux en 1872.

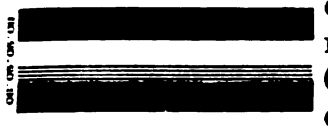
Veine Clotilde. — Est aussi en deux sillons; ils sont égaux et ont chacun 0m30 séparés par 0m10 de schistes; comme la précédente, elle a été exploitée et l'exploitation a été arrêtée pour les mêmes raisons.

Veine Frédégonde. — A eu une exploitation plus importante, surtout au niveau de 395 mètres; elle est formée d'un sillon de 0m60 donnant beaucoup de gailleteries. Le toit renferme comme empreintes : *le Neuropteris heterophylla* (Pl. VII), *le Neuropteris auriculata* (Pl. VIII, fig. I et IV).

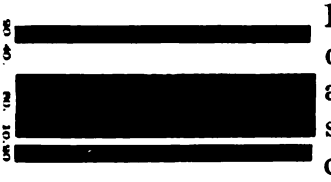
Veine Clotaire. — Comme la précédente, elle a aussi 0m60, en un seul sillon, mais le charbon est moins dur; cette veine n'est éloignée que de trois mètres de la veine Frédégonde et d'autant de la veine Brunehault.

Digitized by Google

Veine Brunehault.— Formée de deux sillons de beau charbon, de 0m30 chacun, séparées par 0m20 de schistes durs et 0m20 d'escaillage. Cette veine a été l'objet d'une exploitation fructueuse au niveau de 395 mètres; l'abattage est plus facile qu'aux veines précédentes.



Veine Turenne. — De 0m50 en un seul sillon; a été un peu exploitée, au niveau de 395 mètres, par la bowette de midi. it et le mur n'offrent rien de particulier.



Veine Jean-Bart. — En deux sillons; l'un de 0m20 et l'autre de 0m80, séparés par 0m10 de schistes. A 0m40 dans le toit, apparaît souvent un troisième sillon de 0m20. Comme on le voit, c'est une très-belle veine et dans dans des conditions fort avantageuses. Ces dix couches vont être rencontrées au nord par les bowettes des niveaux de 248, 270, 312 et 354 mètres, dans d'excellentes conditions d'exploitation. Au-dessus de la veine Jean-Bart, on rencontre trois petites passées, puis des Cuerelles divisées en cinq bancs.

La base du troisième banc de Cuerelles est formée, sur un mètre d'épaisseur, d'un grès blanc à gros grains, très-remarquable. Ces bancs de grès ou Cuerelles, très-durs, ont 90 mètres d'épaisseur et ont retardé de deux années le recoupage des veines ci-dessus.

Cinq passées. — On trouve ensuite cinq passées, dont aucune n'a été exploitable au point où on les a rencontrées.

Digitized by Google

Trois passées. — Après un petit banc de grès, on trouve encore trois passées. Le toit de la deuxième renferme une empreinte voisine du *Sphenopteris irregularis.*

Veine Guillaume. — D'une épaisseur très-variable, mais le plus souvent en deux sillons ; celui du mur a 0m 50 et celui du toit 0m 40 ; les schistes intercalés prennent quelquefois une épaisseur trop grande, de 0m 80 à 1m, pour rendre l'exploitation avantageuse. Le charbon est fort beau et rentre dans la catégorie des *flenus,* c'est-à-dire des *houilles sèches à longues flammes.*

Deux passées. — Après la veine Guillaume, on rencontre deux passées.

Veine Charles. — A quatre mètres au toit de la veine Guillaume ; cette veine est peu connue ; où on l'a rencontrée, elle présentait un sillon de 0m 60 d'épaisseur de charbon tendre.

Veine Eugène. — A un mètre au-dessus de la veine Charles ; est formée d'un seul sillon de 0m 40 de puissance, mais de fort beau charbon. Le toit est solide, en beaux schistes, mais peu d'empreintes.

Passées. — Au-delà, on rencontre quelques passées.

Veine Zoé. — Est une belle veine, de 0m 70, en deux sillons juxtaposés et ayant souvent un toit de grès ; ce sont des conditions très-favorables à une exploitation économique. Après le toit de grès de la veine

Digitized by Google

Zoé, on ne connaît pas les couches qui le superposent immédiatement, une grande faille, dite de retour, dont nous parlerons plus loin, venant tout arrêter; nous sommes forcés de laisser ici une lacune, car les autres veines connues sont de l'autre côté de la faille; elles appartiennent donc à un niveau géologique de formation supérieure. Ces dernières veines étant jusqu'ici rencontrées renversées par la bowette du midi, niveaux de 248, 270 et 312 mètres, c'est par la plus élevée que nous devons continuer la description, car elle est, de toutes les veines connues, la veine la plus rapprochée de la veine Zoé.

Veine Louis. — A 0m55 de puissance en un magnifique sillon de charbon donnant à l'analyse :

[redacted]	Carbone	57.90	100.00
	Matières volatiles. .	37.90	
	Cendres.	2.50	

Cette veine est rencontrée deux fois, et, la seconde fois, elle est en dehors de la concession. (On la recoupe une troisième fois, avec pente au sud.)

Veine Férin. — A 0m40 de puissance; n'offre rien de [redacted] particulier.

Veine de Saint-Georges. — Est une des plus belles veines de la concession d'Auchy-au-Bois; elle est formée d'un [redacted] sillon de charbon de 1m à 1m 20, très-beau; un filet de schistes, de l'épaisseur d'un sou, passe au milieu de la veine.

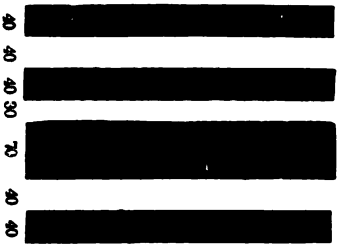
A l'analyse, on a trouvé :

Carbone	61.00	100.00
Matières volatiles. .	32.33	
Cendres	6.66	

Digitized by Google

Passées. — Après la veine St.-Georges, on rencontre quelques passées de charbon.

Veine Sainte-Berthe. — Est la plus puissante des couches de houille connues à Auchy-au-Bois et n'est cependant pas exploitable, tant à cause de la nature terreuse du charbon que de la grande épaisseur des schistes intercalés dans les quatre sillons de houille.



Il est assez difficile de donner son épaisseur, qui est très-variable; dans les parties les plus régulières, elle est de trois mètres, ainsi formée en partant du toit : charbon, 0m40; schistes, 0m40; charbon, 0m 40; schistes, 0m 30; charbon tendre, 0m 70; schistes, 0m40; charbon lourd, 0m40.

Veine St-Jean-Baptiste.—Malheureusement rencontrée jusqu'ici près des accidents, car elle paraît offrir des avantages sérieux d'exploitation ; elle est formée de deux sillons égaux de 0m 50 d'épaisseur et séparés par 0m 10 de schistes.

Après la veine Saint-Jean-Baptiste, on rencontre une série de veinules et de petites veines de 0m40 à 0m50 donnant un charbon *très-flambant*; mais pour juger de ces veines et même de celles que nous venons de décrire depuis la veine Louis, il faut attendre de trouver les plateures, nul doute que, dans ces conditions, plusieurs de ces veines ne soient d'une exploitation très-avantageuse.

Au-delà de la veine Louis, le terrain houiller est inexploré. On ignore l'épaisseur de terrain qui sépare cette veine de la veine Zoé; on ignore aussi quelles sont les veines qui sont supérieures à la veine St-Jean-Baptiste. Je crois cependant que ces veines sont en exploitation à

Digitized by Google

la fosse N° 1 de Ferfay, et aux fosses de Marles, mais il n'y a pas de doute qu'à Auchy-au-Bois on ne trouve encore plusieurs veines en s'avançant au Sud.

Comme on peut en juger par ce court aperçu, les veines sont nombreuses à Auchy-au-Bois, quelques-unes sont même fort belles, et si cette étude ne devait rester dans le domaine purement géologique, il serait intéressant d'étudier les causes d'insuccès de ce charbonnage, qui ne s'est soutenu que par les plus grands efforts de ses premiers actionnaires, toujours restés fidèles à l'entreprise, et qui méritent bien de trouver un jour, la récompense de tant de persévérance.

Pendant longtemps on s'est fait une idée fausse du gisement, on a cru à une discordance de stratification avec le calcaire carbonifère, ou, si l'on veut, on supposait que les couches houillères s'étaient formées horizontalement dans une mer dont les deux rives étaient calcaires, et par conséquent on a cru à l'existence de veines exploitables sous les passées de l'abbraque, au Sud et en profondeur. Une autre erreur a été d'assimiler le gisement d'Auchy-au-Bois à un U très-ouvert (∪), de sorte que le calcaire du nord devait se retrouver au sud: l'allure des couches dans le voisinage du N° 2 le faisait croire, comme nous l'avons dit plus haut. Enfin, les premiers insuccès ayant jeté le découragement, on ne travailla plus que sur une échelle très-restreinte, par tâtonnement; on rejetait ces idées d'ensemble, ces travaux combinés sur une large base qui permettent seuls d'obtenir, un jour, une exploitation économique et rémunératrice.

Une étude plus approfondie a démontré les véritables conditions du gisement. La confiance est ensuite revenue et elle s'est maintenue, malgré de terribles accidents. Aujourd'hui, les travaux entrepris et près d'arriver à bonne fin, vont rendre possible une production en rapport avec la richesse de la concession.

Digitized by Google

RELATIONS ENTRE LES FOSSES N° 1 ET N° 2.

Aussitôt que, dans une concession houillère, plusieurs fosses sont percées et le terrain houiller attaqué en différents endroits, l'exploitant doit chercher, en s'aidant de la comparaison de l'ensemble des terrains traversés, de la composition chimique des charbons des veines, et des caractères que peuvent lui fournir la nature des toits et des murs à relier et à classer les veines de chaque fosse. Au lieu de travaux de recherches faits au hasard et par tâtonnement, on peut leur donner une marche sûre, éviter bien des difficultés d'aérage, prévoir les meilleurs modes de transport et préparer des réserves ; ce n'est qu'à ces conditions que les exploitations difficiles, comme celles d'Auchy-au-Bois, arrivent à donner de bons résultats.

Pour Auchy-au-Bois, on comprend de suite l'importance de cette étude, elle indique où sont, à la fosse N° 2, les belles veines du N° 1, et réciproquement.

Dans plusieurs mines du Pas-de-Calais, telles que Billy-Montigny et Méricourt (Compagnie de Courrières), N° 1 et N° 4 (Compagnie de Lens), les fosses étant communiquées par une galerie dans la même veine, on a eu un point de départ pour relier entre elles les veines supérieures à cette veine et celles inférieures ; mais la grande distance (1,940 mètres), qui sépare les deux premières fosses d'Auchy-au-Bois, ne permet pas d'attendre que cette communication soit établie pour relier entre eux les deux faisceaux de veines en exploitation au N° 1 et au N° 2. Il a fallu chercher une autre base de comparaison et j'ai pris la suivante :

Le calcaire carbonifère sur lequel repose la formation

Digitized by Google

houillère est rencontré à la fosse N° 1, dans le puits même, à 201 mètres de profondeur; à la fosse N° 2, à 205 mètres au nord du puits, dans la galerie à travers bancs, niveau de 395 mètres. Les 200 premiers mètres de terrain houiller à la fosse N° 1 sont parfaitement connus, ils comprennent les différentes couches, depuis le calcaire jusqu'à la veine Saint-Augustin; les 200 premiers mètres, à la fosse N° 2, sont aussi bien connus; ils comprennent les couches depuis le calcaire jusqu'à la veine Jean-Bart. Pour comparer entre elles ces deux épaisseurs de terrain houiller, explorées à 1,940 mètres de distance, nous allons supposer que le calcaire, qui forme la base du terrain houiller, était au même niveau aux deux fosses quand la formation houillère commença.

En partant donc du calcaire et mettant en regard dans deux colonnes séparées (*Pl. V*) toutes les couches, soit de grès, soit de schistes, soit de houille, on remarque un ordre presque parfait de formation; les alternances sont les mêmes à chaque fosse, les épaisseurs de chaque dépôt sont seulement variables, mais la variation n'est pas tellement grande qu'elle soit une objection sérieuse aux conclusions que je veux en tirer. Du reste, quand on suit une exploitation dans deux veines superposées, on observe ces différences de distance, et à plus forte raison quand les points de comparaison sont éloignés de près de 2,000 mètres, l'objection est encore moins sérieuse.

Par cette comparaison, j'arrive aux conclusions suivantes: La veine *Mérovée*, du N° 2, n'est autre que la *petite veine* du N° 1; la veine *Sans Nom* et la *Passée* de 0^m10 sont les veines *St-Antoine* et *Méconnue*; la veine *Clovis* est la veine *Maréchale*; la veine *Clotilde* est la veine *Espérance*; les veines *Frédégonde*, *Clotaire* et *Brunehault* sont la veine à *trois sillons*. Enfin, les veines *Turenne* et *Jean-Bart* sont les veines de 0^m40 et *St-Augustin*.

Nous sommes partis de l'hypothèse que le dépôt houiller commença en même temps aux deux fosses N° 1 et N° 2,

Digitized by Google

pour établir la comparaison entre les couches de houille de ces deux fosses, cette comparaison étant concluante, nous pouvons donc affirmer que l'hypothèse était exacte, et tirer cette conclusion importante, à cause de la différence de niveau des points où le calcaire carbonifère a été touché : *Que sur la concession d'Auchy-au-Bois* (partie comprise entre les deux fosses), *le terrain houiller est en stratification concordante avec le calcaire de la base.* En ayant égard au parallélisme, nous pouvons tracer sur la coupe de chaque fosse le fond du bassin houiller modifié par les accidents postérieurs. Cette concordance de stratification du calcaire et du terrain houiller, constatée dans la partie comprise entre les deux puits d'Auchy-au-Bois, n'implique pas qu'il en soit ainsi sur toute la longueur du bassin. Je crois, au contraire, qu'avant la formation houillère, la surface carbonifère était bosselée, et pour ce qui est des concessions de l'Ouest, telles que Marles, Ferfay, Auchy, je crois que le fond de la mer houillère était incliné vers l'Est, de manière qu'à mesure que la formation s'élevait, le rivage gagnait à l'Ouest.

A cause de la connaissance d'un plus grand nombre de veines à la fosse N° 2, on peut prendre les veines supérieures à la veine Jean-Bart et les tracer sur la coupe de la fosse N° 1, supérieures à la veine Saint-Augustin ; elles viennent occuper des positions non explorées et compléter le faisceau.

C'est sur la totalité des veines, et dans la meilleure situation pour les exploiter, qu'ont été placées les fosses N° 3 et N° 4, en creusement en ce moment.

Il y a encore bien d'autres conséquences à tirer de cette étude ; les plus frappantes sont :

1° Que les failles ou rejets, naturellement postérieurs aux deux formations houillères et du calcaire-carbonifère, affectent le calcaire comme le terrain houiller ;

2° Qu'il est inutile de chercher des veines exploitables

Digitized by Google

sous les veinules de l'abbraque ; on n'y rencontrera jamais que le calcaire carbonifère, souvent même aquifère.

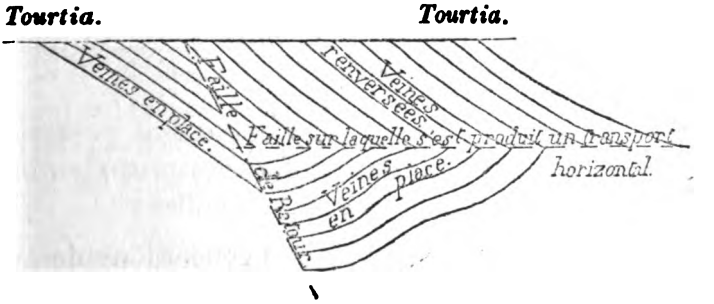
ÉTUDE DES FAILLES DU GISEMENT D'AUCHY-AU-BOIS.

Les failles jouent un rôle très-considérable dans l'exploitation d'un gît houiller ; elles sont souvent une des principales causes de l'élévation du prix de revient, et, au début des travaux d'une mine, elles dérangent les combinaisons les mieux étudiées.

Leur étude est quelquefois fort difficile : il faut déterminer d'abord, leur sens de plongement, les traces horizontales aux différents niveaux d'exploitation, leurs instersections avec les veines et enfin les effets produits, dont le principal est le transport de la veine sur une certaine distance. On peut dire que les traversées des failles pour la recherche des veines sont de vrais problèmes de géométrie descriptive, et c'est surtout pour l'exploitant de mine, qu'on peut appeler cette science, la science de l'ingénieur.

Quel que soit le point du bassin du Pas-de-Calais où l'on fasse une coupe en travers, du nord au sud, on remarque un certain rapprochement avec une coupe type, surtout si on ne tient pas compte des petites failles et des mouvements secondaires.

La coupe type aurait la forme ci-contre :



Digitized by Google

1° Une faille dite de retour, inclinée au sud, au nord de laquelle on trouve des veines en place avec pente au sud ; ces veines sont plus ou moins affectées par de petites failles, des crains, ou des mouvements qui ont changé leur direction ;

2° Au sud de cette faille de retour, on trouve, tantôt, immédiatement sous le tourtia, des terrain en place, mais le plus souvent des terrains renversés affectés de failles nombreuses et de crains très-rapprochés ;

3° Il n'est pas rare de rencontrer, dans cette partie sud, une faille sensiblement horizontale, plus ancienne que la faille de retour, c'est-à-dire dont le niveau était primitivement plus élevé, sur laquelle s'est produit une poussée horizontale vers le nord de la partie supérieure. C'est ce qu'on constate au puits Mulot, d'Hénin-Liétard ;

4° Enfin, sans cette faille, on trouve des couches en place à faible pente ; vers le sud, ces couches prennent une pente nord.

Dans cet ensemble, les couches les plus récentes, sont les couches renversées, puis celles énumérées au (4°) et les plus anciennes, les veines au nord de la faille de retour.

Les fosses Mulot de la Cie de Dourges, N° 1 de la Cie de Liévin, N° 1 de la Cie de Bully-Grenay, N° 4 de la Cie de Nœux et N° 2, de la Cie d'Auchy-au-Bois, occupent, dans le bassin, des positions qui permettent d'y reconnaître la coupe type.

A la fosse N° 2 d'Auchy-au-Bois, la faille de retour a une pente de 45° au sud et une direction de N. 41° O *(Pl. III et IV)*. Elle traverse le puits à 245 m. de profondeur ; elle vient passer au sud des fosses N° 4 et 3 de la même Compagnie, au sud, aussi, de toutes les fosses de Ferfay et même au sud de la fosse de Cauchy-à-la-Tour ; à ce dernier puits les veines exploitées sous les terrains anciens de recouvrement sont en place.

Au niveau du tourtia, et sur les concessions de l'ouest

Digitized by Google

du bassin, cette faille a presque la même direction que la chaussée Brunehault d'Arras à Thérouane, et se trouve dessous verticalement.

Elle coupe en diagonale la concession d'Auchy-au-Bois; ce doit être elle qui passe au nord du bassin houiller d'Hardinghen, dont les veines correspondraient à celle du (4e). Plus à l'ouest, elle formerait la limite sud du bassin de Ferques; à Hardinghen, son importance serait de 600 mètres environ.

Au puits Mulot de la Cie de Dourges, la faille de retour a une direction N 82° O.

Au puits N° 1 de Liévin, en allant sur les puits jumeaux N° 3 et N° 4, la faille a une direction N 75° O.

A Hardinghen la direction serait N 68° 1/2 O.

Si c'est la même faille, à Auchy, à Nœux, à Bully-Grenay, à Liévin, à Dourges, à Hardinghen, à Ferques, elle serait rejetée tantôt vers le nord, tantôt vers le sud par des failles postérieures, en même temps que sa direction se modifierait aussi.

L'axe du puits N° 2 rencontre encore, à 372 mètres, une faille inclinée au nord, à 402 mètres, une faille sensiblement horizontale, sur laquelle se continue le mouvement vers le nord commencé sur la faille précédente; enfin, à 403 mètres, cet axe rencontre une faille inclinée au sud, sur laquelle les couches s'enfoncent au midi, de la même importance qu'elles s'étaient enfoncées au nord.

Ces dérangements expliquent le temps très-long qui a été nécessaire pour mettre la fosse N° 2, en véritable exploitation, car il a fallu traverser d'abord, outre les failles, les terrains pauvres en veines, presque stériles, qui séparent les faisceaux de veines exploitables, avant de recouper ceux-ci.

Le nord de la fosse N° 2 est d'une grande régularité, on n'y connaît pas de failles et les couches vont courir entre les puits N° 2 et N° 4, sans dérangement. Le sud de la fosse N° 2, exploré seulement, aux niveaux supérieurs,

Digitized by Google

dans la partie renversée qui a été comme tamisée en se retournant sur elle-même, est affecté par des crains, serrages, renflement de veine très-rapprochés.

En profondeur, les veines seront en place et certainement régulières, elles occuperont leur position par ordre de formation, et nul doute qu'il doit exister de grandes richesses dans cette partie.

A la fosse N°1, on connaît quatre grandes failles (*Pl. II et IV*) :

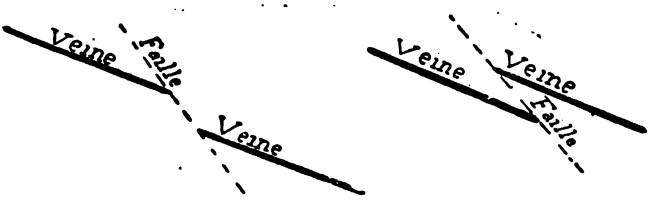
1° La première passe au tourtia a 760 mètres au midi du puits, son inclinaison est de 75° au sud, sa direction N 57° 1/2 O, elle vient s'arrêter à la faille de retour un peu à l'ouest de la fosse N° 4. Au N° 1, elle enfonce les couches de plus de cent cinquante mètres au midi, c'est à cause d'elle que la bowette du midi, niveau de 267 mètres, n'a pas recoupé les veines à 3 sillons de 0,40 et St.-Augustin.

Cette faille continue sur la concession de Ferfay et passe au tourtia, à 37 mètres au sud du puits N° 3 de cette Cie, avec une inclinaison sud de 73°. C'est dans la partie de la veine Élise, à ce puits, comprise entre la voie de fond du couchant, niveau de 243 mètres et cette faille, que l'on a installé l'exploitation en vallée avec traction mécanique;

2° A 690 mètres au sud du puits N° 1, au niveau du tourtia, passe une faille d'inclinaison de 50° au nord, de direction N 38° O; elle vient s'arrêter à la précédente à l'est des bowettes du N° 1, et vient passer à 650 mètres au nord du puits N° 2, dans le calcaire du nord. C'est cette faille qui sépare les travaux de la quatrième branche, veine Maréchale, de ceux de la troisième branche. C'est contre elle que les travaux dans la veine Maréchale couchant, niveau de 194 mètres sont arrêtés depuis 1868, ainsi que ceux, dans la même veine, niveau de 241 mètres depuis 1872;

Digitized by Google

3° A 260 mètres au midi du puits N° 1, niveau du tourtia, se trouve la trace d'une faille inclinée au sud de 46°, mais cette inclinaison diminue en profondeur; la direction est N 43° O. Sur cette faille le mouvement des terrains n'a pas suivi la règle ordinaire (*Fig. I*) mais la règle contraire (*Fig. II*).



C'est une exception qui se rencontre à Nœux, et à la fosse N° 2 d'Hénin-Liétard pour la veine Ste.-Cécile, près du puits. Cette faille vient aussi s'arrêter à la première du N° 1, vers le levant, mais elle entre néanmoins sur la concession Ferfay.

Dans les travaux du N° 1 d'Auchy, elle sépare la troisième branche de la veine Maréchale, de la veine Maréchale (nord);

4° Enfin, à 240 mètres au sud du puits N° 1, niveau du tourtia, on reconnaît une faille d'inclinaison 81° au nord, de direction N° 55° O, relevant les veines de 35 mètres sur la coupe passant par les bowettes; elle s'arrête à la précédente à l'ouest du N° 1.

A l'est elle se continue sur la concession de Ferfay et vient passer au niveau du tourtia à 310 mètres au nord du N° 3 de cette Cie, avec pente de 72° au nord; elle ramène en fond de bateau, devant la bowette du nord, niveau de 205 mètres, la veine Élise trouvée en arrière à 140 mètres au nord de ce puits.

Dans les travaux de la fosse N° 1 d'Auchy, cette faille

Digitized by Google

sépare la veine Maréchale (1re branche) de la veine Maréchale (nord).

Outre ces failles principales, il y en a d'autres secondaires à la tête du gisement, qui se détruisent entre elles en profondeur, ou s'arrêtent aux failles qui viennent d'être décrites.

On voit que les directions des failles sont comprises entre N. 38° O. et N. 57° 1/2 O, la moyenne serait de N. 47° 3/4 O.

Les bissectrices des angles de rencontre des traces des failles, au niveau du tourtia, font les angles suivants avec le nord vrai.

Faille de retour avec faille 1° $\frac{41 + 57\,1/2}{2} = 49°\,1/4$

Faille 1° avec faille 2° $\frac{57\,1/2 + 38}{2} = 47°\,3/4$

Faille 2° avec faille 3° $\frac{57\,1/2 + 43}{2} = 50°\,1/4$

Faille 3° avec faille 4° $\frac{43 + 55}{2} = 49°$

On peut dire que les bissectrices des angles sont à peu près parallèles.

Si on joint par une ligne le sommet de l'affleurement dévonien de Febrin, avec le sommet de l'affleurement dévonien de Bailleul-lez-Pernes, cette ligne, en face des concessions d'Auchy-au-Bois et de Ferfay fait avec le nord vrai un angle de 50°vers l'ouest, c'est-à-dire qu'elle est parallèle aux bissectrices ci-dessus.

Digitized by Google

FLORE DU GISEMENT D'AUCHY-AU-BOIS ET DÉTERMINATION DE L'AGE DE LA HOUILLE.

Mes faibles connaissances en botanique m'empêchent de traiter ce sujet comme il le mérite; je me suis borné à recueillir des matériaux, à déterminer les formes végétales, ainsi que leurs noms, on m'aidant des travaux parus jusqu'à ce jour. On verra cependant combien ces renseignements me viennent en aide, pour fixer d'une manière irréfutable l'âge de la houille du gisement d'Auchy-au-Bois.

Je n'ai pu malheureusement présenter des échantillons pris sur place, dans les travaux, au toit des veines, comme je l'ai fait pour l'étude du terrain houiller de Dourges; il faut pour cela une exploitation très-développée, condition qui n'existe pas encore à Auchy-au-Bois, et j'ai dû, pour augmenter ma collection, fouiller en tous sens les tas de déblais qui sont sur les carreaux des deux fosses. A première vue, on reconnaît vite quels sont les morceaux de schistes qui peuvent contenir des empreintes; ce sont ceux qui formaient le toit des veines. Quand ils ont séjourné quelques temps à l'air, ils se fendillent et se prêtent même mieux qu'au fond de la fosse à la séparation, suivant le sens des couches, et à la mise au jour des empreintes qu'ils renferment.

En procédant de cette manière, les plantes fossiles que j'ai recueillies, ne pouvaient être rapportées au toit de leur veine, mais elles avaient néanmoins leur valeur; c'étaient, si l'on veut, des médailles sans date; plus tard, quand on retrouvera dans les travaux les mêmes empreintes, on pourra établir la véritable chronologie.

Pour une fosse ou on exploiterait à la fois des charbons demi-gras, gras et très-gras, il y aurait certainement des

Digitized by Google

causes d'erreur à craindre en recueillant des échantillons sur le terry des fosses, mais, à Auchy-au-Bois, l'objection est sans portée, puisque la houille appartient aux deux catégories *grasses Maréchales et sèches à longue flamme*, qui ont des caractères si communs.

J'ai ainsi pu trouver une trentaine de débris de plantes fossiles, et, chose remarquable, toutes appartiennent aux trois grandes familles des calamites, des astérophyllites et des fougères ; les sigillariées et les lycopodiacées n'entrent pas dans la proportion de 1 pour 20 et ne sont rencontrés très-rarement que dans les couches de la base. Les principales plantes sont : *Sphenopteris furcata, sphenopteris Heninghausi, Louchopteris rugosa, Calamocladus équisetifolia, Neuropteris auriculata, Pecopteris nervosa, Pecopteris Loshii, Neuropteris hétérophylla, Sphenophyllum crosnum* (rameaux et fruits), *Calamites suckowii, Sphenopteris chœrophilloïdes, Aunularia radiata, Pinnularia* ou *racines de Calamites suckowii.*

On se rappelle que, dans l'étude du terrain houiller de Dourges, il n'a pas été possible de tirer la moindre conclusion sur la répartition des familles de plantes, suivant les différentes natures de charbon. Chaque couche avait bien ses empreintes à elle propres, mais dans un même groupe, celui des demi-gras, tandis que la veine Saint-Georges de la fosse Sainte-Henriette a son toit pétri de sigillariées; la veine N° 5, au nord, immédiatement en-dessous, a le sien rempli d'empreintes de fougères sans y renfermer un seul sigillaire.

Il semblait donc que les observations de M. Geinitz, sur les bassins allemands, étaient en défaut. Ce savant distingue, en effet, dans la formation houillère, cinq grandes périodes qu'il désigne sous les noms de :

Zône des *Lycopodiacées*, à la base.
Id. des *Sigillariées*, ensuite.
Id. des *Calamites*, après.
Id. des *Asterophyllites*, à la partie supérieure.
Id. des *Fougères*, id. id.

Digitized by Google

qui seraient comme les différentes époques de notre histoire.

Pour M. Geinitz, la formation houillère d'Auchy-au-Bois appartiendrait donc à la partie supérieure, et il aurait raison, car la houille de ce gisement, par sa composition chimique et ses propriétés, est classée à côté des houilles supérieures du bassin belge (produits et centre du Flénu), à côté aussi des houilles de Nœux (fosse N° 2 et fosse N° 4).

Il faut maintenant expliquer comment le gisement d'Auchy-au-Bois, quoique reposant directement sur le calcaire carbonifère, comme ceux d'Annezin, de Meurchin et de Carvin, renferme cependant des houilles d'une nature différente et de beaucoup supérieures dans la série.

ABSENCE DES HOUILLES MAIGRES ET DEMI-GRASSES SUR LA CONCESSION D'AUCHY-AU-BOIS.

Quelques géologues donnent l'explication suivante sur l'absence des houilles maigres et demi-grasses sur les concessions de l'ouest du bassin :

Ces houilles, disent-ils, sont contemporaines des houilles maigres, puisqu'elles reposent sur le même calcaire, mais elles sont de natures différentes parce que la végétation n'était pas la même sur toute la surface en formation.

La végétation est, en effet, différente, et nous ne trouvons, à Auchy-au-Bois, que fort rarement des lépidodendrons et des sigillaires, si abondants dans les charbons maigres et demi-gras; parmi les fougères, je n'ai trouvé de commun avec Meurchin que le *Lonchopteris rugosa;* mais je crois que l'explication ci-dessus doit être rejetée, comme je vais essayer de le démontrer.

Digitized by Google

On remarque dans le Pas-de-Calais, là où on peut tracer un méridien à travers toutes les natures de charbon, d'Hénin-Liétard à Carvin, par exemple, que la proportion de houille augmente en s'élevant dans la formation, qu'elle est de :

2.94	pour 100^{m}	de terrain houiller	dans le	faisceau demi-gras.
3.07	id.	id.	id.	gras.
4.06	id.	id.	id.	très-gras.

Et ce dernier chiffre est dépassé dans le faisceau des houilles sèches à longue flamme, tandis qu'il est à peine de 2 % dans le faisceau des houilles maigres, et dans le bassin du Nord, les 500 mètres de la base sont même stériles.

Or, sur les concessions de Fléchinelle, d'Auchy-au-Bois, de Ferfay et de Marles, on constate la proportion la plus forte, et à Annezin, à Meurchin, à Carvin, à Ostricourt, la proportion la plus faible. Il me paraît donc bien plus raisonnable de relier les veines d'Auchy-au-Bois à la partie supérieure de la formation houillère, puisque la proportion de houille correspond à la proportion de houille reconnue dans le faisceau des houilles sèches à longue flamme. J'ai, en outre, montré que la végétation correspond avec la végétation de la partie supérieure du bassin belge. Tout vient donc prouver que les veines de charbon maigre ne viennent pas à Auchy-au-Bois avec une nature différente. Le fond du bassin, suivant son axe, avait une pente à l'Est, et les couches houillères, à mesure qu'elles se formaient, gagnaient le rivage à l'Ouest. Il y avait néanmoins des parties de fond du bassin sensiblement horizontales, comme je l'ai démontré pour la portion comprise entre les deux puits N° 1 et N° 2 d'Auchy-au-Bois.

Digitized by Google

TRAVAUX DE RECHERCHES PAR SONDAGES.

La Compagnie d'exploitation de la concession d'Auchy-au-Bois, alors qu'elle n'était que Société de recherches, portait le nom de Société A. Faure et Cie. Cette Société a exécuté par elle-même cinq sondages et acquis d'un sieur Podevin deux autres sondages. C'est avec cette somme de travaux qu'elle a déposé sa demande pour l'obtention de la concession d'Auchy-au-Bois.

En 1860, la Société d'exploitation a fait exécuter cinq sondages au sud de sa concession pour disputer un lambeau de la zône houillère aux Sociétés Calonne et Cie, La Modeste de Westrehem et la Société l'Éclaireur du Pas-de-Calais. Cette dernière Société a même creusé une fosse jusqu'à la profondeur de 50 mètres et construit presque entièrement le bâtiment d'extraction. C'est à la Compagnie d'Auchy-au-Bois que la concession fut accordée.

Enfin, en 1873, la Compagnie a fait faire trois sondages pour déterminer la position d'une troisième fosse.

Nous allons décrire brièvement chacun de ces sondages dont les coupes sont représentées sur les planches IX, X et XI.

SONDAGES POUR L'OBTENTION DE LA CONCESSION.

La Société de recherches A Faure et Cie a commencé ses sondages en juillet 1852.

Premier sondage. — A Norrent-Fontes, poussé jusqu'à 172 mètres. Rencontre du calcaire carbonifère sous le tourtia, à 170 mètres

Digitized by Google

Deuxième sondage. — A Radometz, près Thérouane. Entrepris dans le but de s'éclairer, dès le début, sur un point à l'Ouest, très-reculé de ceux déjà explorés à l'Est; ce travail a dû être abandonné à la profondeur de 156 mètres.

Troisième sondage. — Sur le territoire de Saint-Hilaire-Cottes, près Auchy-au-Bois. Il rencontre le terrain houiller à la profondeur de 140 mètres; à 150 mètres, la sonde traverse une veine de houille grasse, dont la hauteur verticale constatée est de 1^{m}35. Entrepris par M. Potevin, ce sondage est acquis par la Société Faure, en mai 1853.

Quatrième sondage à Auchy-au-Bois. — Argiles grises et lie de vin du dévonien supérieur, rencontré à 128 mètres, poussé jusqu'à 165 mètres. La Société, dès cette époque, regrette, quelque temps après l'arrêt de ce travail, de ne pas l'avoir continué. Il est démontré aujourd'hui qu'il ne fallait forer que quelques mètres plus bas pour atteindre le terrain houiller.

Cinquième sondage, à Rely. — On y rencontre le calcaire carbonifère, à la profondeur de 148 mètres, dans lequel on pénètre d'un mètre environ.

Sixième sondage, à la Tirémande. — Commencé par M. Podevin, acquis et continué par MM. Faure et Cie. Il a traversé 57 mètres de terrain houiller de 103 à 160 mètres, et recoupé cinq veines de houille, dont la puissance varie de 0^{m}40 à 1^{m}30, formant ensemble une épaisseur verticale de 3^{m}10.

Dépôt de la demande en concession des mines d'Auchy-au-Bois, par MM. Lavallée, Le Brun et Faure, le 16 novembre 1853. Autorisation et publication des affiches le 1er avril 1854.

Septième sondage, à Bellery, près Ames. — Rencontre du terrain houiller à 130 mètres; sur une première hau-

Digitized by Google

tour de 54 mètres, on n'a rencontré que des parcelles ou veinules de houille. Sur une deuxième hauteur de 39 mètres, la sonde a traversé huit veines de houille, dont la puissance varie entre 0^m 30 et 1^m 80. Ce sondage a été arrêté à 223 mètres, en plein terrain houiller.

Je parlerai pour mémoire d'un huitième sondage exécuté par la société d'exploitation, dans la partie nord de sa concession, à 386 mètres du puits N° 2, dans un but d'exploration et, sans doute, pour déterminer ultérieurement l'emplacement de ce second puits. Il a rencontré le terrain houiller à 138 mètres de profondeur et a été continué jusqu'à 162 mètres.

SONDAGES POUR L'OBTENTION D'UN PREMIER AGRANDISSEMENT DE CONCESSION.

Sondage N° 9. — C'est le 1er décembre 1859 que la Compagnie d'Auchy-au-Bois a commencé ce sondage; il est à 250 mètres au sud du clocher d'Auchy-au-Bois. Il a rencontré les schistes gris et lie-de-vin du dévonien supérieur, à la profondeur de 125 mètres, et il a été continué, dans ces mêmes terrains, jusqu'à $209^m 39$.

Sondage N° 10. — Établi sur la route départementale N° 13 d'Hesdin à Aire, à 50 mètres au sud de la concession; a rencontré le terrain houiller à 156 mètres et a été poussé jusqu'à $208^m 68$, après avoir rencontré six fois de la houille et surtout une couche de charbon pur de $1^m 12$, à 207^m de profondeur.

Sondage N° 11. — Situé à l'intersection de la route départementale N° 13 avec le chemin de Ligny à Auchy-au-Bois et à 200 mètres au sud de la concession; a été abandonné à $168^m 65$, dans un calcaire fétide; il avait ren-

Digitized by Google

contré la base du tourtia à 156m20. Si ce sondage avait été poussé un peu plus loin, il aurait rencontré le terrain houiller.

Sondage N° 12. — Situé à l'intersection du chemin de Lépinette avec le chemin d'Auchy-au-Bois à Ligny; n'était qu'à 90 mètres au sud de la concession; il a atteint le terrain houiller à 144 mètres de profondeur; a été poussé jusqu'à 162m30 et a rencontré deux fois de la houille.

Sondage N° 13. — Commencé le 27 octobre 1860. Est situé sur le chemin de Vignecourt et à 60 mètres au sud de la concession; a rencontré du calcaire ancien à 133m88 de profondeur. Ce sondage est à quelques mètres seulement au sud de l'affleurement méridional de la zône houillère, et il ne fallait pas le pousser bien bas pour rencontrer le terrain houiller.

Les découvertes des sondages N°s 10 et 12, jointes au droit de priorité du sondage N° 9, ont fait accorder une première extension à la Compagnie d'Auchy-au-Bois.

Sondage N° 14. — En avril 1861. Ce sondage est exécuté en vue de l'emplacement du puits N° 2. Il rencontre le terrain houiller à 143 mètres et est poussé jusqu'à 192 mètres.

SONDAGES POUR DÉTERMINER L'EMPLACEMENT D'UNE TROISIÈME FOSSE.

Sondage N° 15. — Commencé le 11 février 1873 et terminé le 8 février 1874. Il a rencontré le dévonien supérieur à 131 mètres; ce sont, d'abord, des schistes rouges, puis des grès schisteux un peu micassés, bruns mélangés de vert, sur 0m50 de puissance, puis des marnes effervescentes vertes et rouges, empâtant grès rouges, sur 1m85,

Digitized by Google

ensuite des schistes micassés fossilifères, compactes, gris-rougeâtres, sur 1m75. A 136m 55, on rencontre, sur une épaisseur de 10m05, des schistes rouges, avec taches verdâtres, sableuses, fossilifères, contenant des plaquettes quartzites micassées, très-dures. Dessous, sur 2m60, ce sont des schistes gris, puis 0m40 de schistes bruns-chocolat. Ensuite, à 149m60, et sur 17m00 de puissance, des schistres gris-verdâtres, argileux, luisants et tendres, et, dessous, sur 1m90, des schistes gris-foncés qui ont leur base à 168m50. Je rapporte tous ces terrains à l'assise du Boulonnais, qui s'appelle : *grès de Fiennes et schistes rouges.*

C'est à cette profondeur de 168.50 qu'on rencontre un calcaire dolomitique, fétide, cristallisé, noir violacé; il a 11m 50 d'épaisseur, puis de la dolomie sur 9m, ensuite 4m de dolomie grise, 2m50 de dolomie jaunâtre, 1m de dolomie brunâtre; 3m50 de dolomie grise, et à la profondeur de 200m, on touche des schistes gris. Ces 31m 50 de terrains dolomitiques se rapporteraient à la dolomie de Hure, du Boulonnais, base du terrain carbonifère, qui est superposé au terrain dévonien. Les schistes gris ont 2m50, dessous on traverse 4m50 de calcaire cristallisé gris translucide, puis 0.40 de calcaire, ensuite 5m10 schistes gris et enfin 1m50 de schistes calcaireux. Le sondage est arrêté à la profondeur de 215m11.

Sondage N° 16. — Commencé le 7 septembre 1876, re contre des schistes très-noirs à phtanistes à 148m de profondeur, il en traverse 22m, puis, à 170m, il rencontre des terrains douteux, des schistes houillers avec de petits morceaux de calcaire; enfin à 185m il traverse une veine de houille. Il est arrêté à 191m40.

Sondage N° 17. — Commencé le 2 février 1874. Il rencontre le terrain houiller à 146m de profondeur et est arrêté.

Digitized by Google

Si à tous ces sondages on ajoute les sept de la Cie de l'Éclaireur, les deux de la Cie la Modeste de Westrehem, et celui de la Société Calonne, on voit que pas de concession n'a été autant perforée que la concession d'Auchy-au-Bois; à deux reprises on a sondé avec acharnement pour se disputer cette partie de la zône houillère du bassin du Pas-de-Calais, et quels ont été les plus favorisés jusqu'ici, financièrement parlant, de ceux qui n'ont perdu que leur mise de fond dans les sociétés de recherches, ses rivales, ou des propriétaires de la concession d'Auchy-au-Bois et de sa première extension, qui depuis vingt-quatre ans apportent périodiquement de nouveaux sacrifices pour l'étude de son gisement et l'établissement des moyens économiques d'exploitation. Il aura fallu plus d'un quart de siècle (et le premier argent aurait doublé deux fois) pour entrer dans la période des satisfactions et combien les derniers efforts auront été nécessaires.

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE.

THÉORIE SUR LE PROLONGEMENT AU SUD DE LA ZONE HOUILLÈRE DU PAS-DE-CALAIS.

Le bassin du Pas-de-Calais date d'une vingtaine d'années à peine et déjà cinquante puits y sont percés; les travaux d'exploitation ont démontré qu'il est le plus riche bassin de France, aussi l'étudie-t-on dans ses moindres détails, pour reconnaître si les bornes qu'on lui a données d'après les renseignements fournis par les sondages, arrêtés presque tous aussitôt que le terrain ancien, soit houiller, carbonifère ou devonien était entamé, sont bien ses bornes, s'il ne s'étend pas au-delà en profondeur, franchissant même les limites actuelles des concessions qui ont été tracées aussi près que possible de l'affleurement sud du terrain houiller au tourtia. On comprend combien il serait intéressant de faire cette étude, mais pour cela il faudrait que les ingénieurs apportassent leur contingent de renseignements.

Pour trouver les rapports entre les terrains de transition, carbonifère ou dévonien et le terrain houiller, il faut d'abord étudier les accidents dont ce dernier terrain est affecté ; ces accidents ont suivi des lois qui ne lui sont pas seulement applicables, mais bien à toute la masse des terrains déposés antérieurement.

On arrive ainsi à établir des faits, à les raisonner et en tirer des conclusions pratiques.

L'étude que j'ai faite s'appuie sur des documents certains; elle traite des faits géologiques laissés jusqu'ici

Digitized by Google

sans explications, dont les conclusions prouvent l'existence de terrain houiller non concédé à une profondeur abordable en certains points.

Pour étudier un bassin houiller en exploitation sur plusieurs points comme celui du Pas-de-Calais, il ne faut jamais commencer l'étude par l'endroit le plus tourmenté, le trop grand nombre d'accidents peut empêcher de déterminer de quelle manière s'est produit le mouvement principal dont les failles ne sont que les conséquences.

Ce qu'il ne faut pas négliger non plus, ce sont les renseignements que donnent les sondages exécutés en dehors du bassin et qui permettent de tracer, d'une manière approximative, les contours des terrains encaissants.

Pour rendre aussi la carte géologique plus nette et l'ensemble plus facile à saisir, il est bon de le dépouiller des terrains secondaires, tertiaires et d'alluvion qui n'ont aucun rapport avec les terrains de transition et se sont même déposés longtemps après les grands mouvements du bassin qui ont produit les effets que nous allons décrire.

Ce qui frappe tout d'abord à l'aspect de la carte du bassin du Nord et du Pas-de-Calais, ce sont les cinq bandes parallèles, le terrain dévonien formant les deux bandes extrêmes, le terrain carbonifère formant les deux autres bandes, comprenant entre elles la bande centrale qui est le terrain houiller. En outre, au nord du bassin, on trouve l'ordre naturel de formation, dévonien à la base, carbonifère dessus, puis houiller, ces trois terrains ayant pente au sud; au midi, avec pente de même sens, on trouve houiller, carbonifère ensuite et dévonien. Il y a donc renversement en masse tant cet ensemble a pris la forme de U inclinés s'emboitant les uns dans les autres, le U central serait le terrain houiller, le second U serait le calcaire carbonifère, et le troisième U serait le terrain dévonien. La formation de ce U incliné au sud est un des principaux mouvements

Digitized by Google

qu'a subis le bassin. Les couches carbonifères et dévoniennes si profondes se sont relevées au nord et au sud et revenues à la surface. Quant à l'existence de ce U incliné au sud elle ne peut être mise en doute puisqu'il suffit de lire la coupe passant par les fosses d'Aniche, ou celle de la fosse Mulot, Compagnie de Dourges, ou encore celle du N° 4 de la Compagnie de Nœux; si d'autres accidents ne s'étaient ensuite produits, cet U incliné au sud, serait la forme toute simple qu'affecterait le bassin; dans l'axe seraient les charbons formés les derniers, au nord de cet axe, la série grasse, demi-grasse et maigre qui existerait aussi au sud dans le même ordre. Enfin le calcaire carbonifère se retrouverait au sud avec la même épaisseur qu'au nord, et il en serait de même des différentes assises du terrain dévonien connues dans la partie nord. Malheureusement les choses ne se passent pas avec cette simplicité, et plusieurs anomalies s'observent immédiatement:

1° L'absence d'affleurement des houilles demi-grasses au sud du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais;

2° La faible largeur de la bande carbonifère du sud et même sa disparition complète en certains points de la carte du bassin;

3° L'absence d'affleurement au sud du dévonien supérieur et même, quelquefois, du dévonien moyen; il y a alors contact du dévonien inférieur en place avec le calcaire carbonifère renversé et même quelquefois avec le terrain houiller.

Ce sont ces questions qui depuis longtemps préoccupent les géologues et les ingénieurs de mines, que nous allons essayer d'expliquer et d'en tirer les conclusions indiquées au titre de ce chapitre.

Ce n'est pas des grandes Compagnies qu'il faut attendre des renseignements géologiques sur les rapports du terrain houiller avec les terrains anciens qu'en trouve au

Digitized by Google

midi du bassin; ces grandes compagnies placent leurs fosses à un kilomètre au moins de la limite sud présumée et ce n'est que lentement et avec une certaine défiance qu'elles poussent leurs recherches dans cette direction. Ce sont les petites Compagnies du Sud qui, n'ayant rien à prétendre au Nord, puisque le terrain est concédé, ont poussé sans crainte au Midi les travaux d'exploration.

La fosse de Cauchy-à-la-Tour est la première qui a démontré l'existence des couches houillères sous les terrains plus anciens de recouvrement. On comprend que ce fait important n'a pas manqué d'explication. La coupe par les travers bancs a montré le calcaire de recouvrement restant sensiblement à la même distance des veines et, devant cette apparence de concordance de stratification on a hasardé l'hypothèse que ce calcaire de recouvrement, était d'une formation postérieure à celle de la houille; on se rappelait la théorie ancienne qui classait le calcaire de recouvrement du terrain houiller d'Hardinghen, dans une formation postérieure. J'avoue qu'à une époque j'acceptai cette théorie, mais les travaux poussés dans la direction du levant, au niveau de 219^{m}, dans la veine dite *Midi*, s'étant rapprochés du calcaire et l'ayant même rencontré, on ne pouvait plus admettre la concordance de stratification, et la théorie était démolie. Ces terrains anciens ont été respectés sur tous les points où on a les touchés; on craignait de trouver de l'eau; aussi ne put-on déterminer ni leur nature, ni leur allure; sans doute qu'on n'y attachait, à l'époque, qu'une faible importance.

Vers le même temps, on creusait la fosse de Courcelles-lez-Lens; ce puits a rencontré, à 134 mètres de profondeur, un calcaire en couches inclinées de 35° au sud, on a pénétré dans ce terrain jusqu'à 205 mètres; à cette profondeur, la roche étant trop dure, et les exploitants, ignorant quand on en sortirait, se dirigèrent en galerie horizontale, à travers bancs au nord, vers un sondage qui

Digitized by Google

avait trouvé de la houille ; à 55 mètres dans cette galerie, on atteignit le terrain houiller, dont les couches avaient 45° d'inclinaison moyenne au sud, elles étaient séparées du calcaire par une faille ayant aussi 45° d'inclinaison au sud ; mais il a été démontré que cette surface de contact diminue d'inclinaison en profondeur, puisqu'à 228 mètres, la faille a été traversée dans la fosse, ce qui donne une pente de 22° 1/2 au sud. A 203 mètres du puits, dans le travers banc, une veine de 0m80 en un sillon, inclinée de 45° au sud, fut rencontrée ; elle est, dit-on, en position naturelle, toit au toit, mur au mur, mais d'après la direction de la faille qui, aux mines de Dourges, sépare les terrains en place des terrains renversés, je suis porté à croire qu'au niveau de 205 mètres, la veine de 0m80 est renversée.

Ces intéressants travaux démontraient donc que la limite sud de la zône houillère, telle qu'elle est tracée au niveau du tourtia, n'est pas la vraie limite, mais bien l'affleurement d'une faille inclinée au sud, sous laquelle s'enfoncent les couches du grand bassin.

Les conditions étant exactement les mêmes à Cauchy-la-Tour qu'à Courcelles, les mêmes conclusions sont applicables, et on peut alors généraliser, sans trop de hardiesse, et suivre sur son parcours cette faille. (Nous ne dirons plus la limite Sud du bassin.) Quittant Courcelles, elle pénètre plus ou moins dans le terrain houiller, laissant à la zône une grande largeur sur le méridien de Liévin à Meurchin, entrant très-fort sur la concession de Bully-Grenay, s'écartant sur la concession de Nœux, puis rentrant de plus en plus sur la concession de Bruay, de Marles, de Ferfay, d'Auchy-au-Bois et après Fléchinelle, pénétrant si avant qu'elle entame le calcaire du Nord, base du terrain houiller ; elle continue ensuite, avec la même direction, jusque dans le bassin du Boulonnais et limite au Sud la bande houillère d'Hardinghem, appelée Petit Bassin des Plaines.

Cette faille est évidemment postérieure au mouvement qui a produit le renversement des couches de transition,

Digitized by Google

houillères, carbonifères et devoniennes, en un mot à la formation de l'⋃ incliné. Tantôt, comme au sud d'Aniche, elle coupe la branche méridionale de ⋂, de manière que les veines du nord ne viennent pas affleurer au sud, mais s'arrêtent à la faille ; tantôt, comme à Courcelles, elle passe si près de l'axe de l' ⋂ qu'on ne trouve qu'une faible épaisseur de terrain renversé avant de pénétrer dans les terrains en place. A Cauchy-à-la-Tour, elle passe dans la branche nord de l' ⋂ et ne rentre dans la branche sud qu'à la fosse N° 4 d'Auchy-au-Bois.

Pour déterminer son effet, il est nécessaire d'étudier ce qui se passe plus au Sud encore. Tous les géologues sont d'accord, et il n'y a aucun doute à cet égard, que ce que l'on observe en Belgique, entre le plateau du Brabant et celui des Ardennes, c'est-à-dire deux bassins carbonifères séparés par la crête du Condros, existe aussi dans le Pas-de-Calais.

Ces deux bassins sont séparés par la ligne des sommets dévoniens de Saint-Nazaire, Rebreuve, Pernes, Bailleul-lez-Pernes, Febvin, Fléchin, etc.

Celui du Nord ou bassin de Namur se continue chez nous et s'appelle bassin carbonifère de Valenciennes, celui du Sud ou bassin de Dinant vient passer à Avesnes, Cambrai, Saint-Pol, Hesdin, Montreuil.

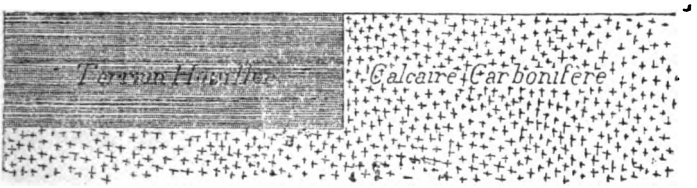
Le bassin carbonifère de Valenciennes a, à sa partie supérieure, une très-grande épaisseur de terrain houiller, contenant un très-grand nombre de couches de houille. Le deuxième, celui du Sud, est, au contraire, très-pauvre, il ne renferme que quelques taches de terrain houiller, telles que celles de Taisnières et d'Aulnoye.

Pourquoi l'un, quoique plus étroit, est-il si riche, et l'autre, si large, est-il pauvre? On a jusqu'ici constaté le fait sans l'expliquer. Or, en supposant des falaises d'une certaine hauteur dans le calcaire carbonifère, on explique facilement l'absence de terrain houiller dans le bassin de Cambrai, Saint-Pol, etc. Il suffit pour cela que les houilles

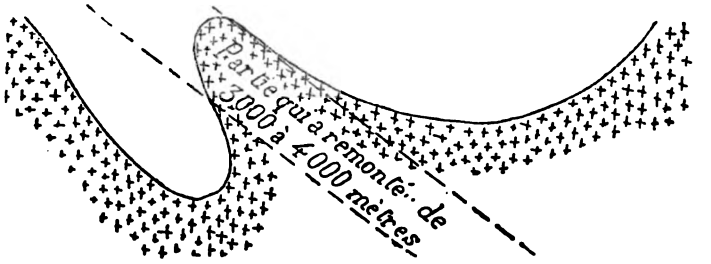
Digitized by Google

grasses aient eu pour limite Sud de formation une falaise appelée aujourd'hui, en Belgique, Crête du Condros, et la végétation houillère n'aurait gagné le haut de cette falaise qu'en de très-rares endroits, comme à Taisnières et Aulnoye et sans doute en quelques autres points qui nous sont cachés par les morts terrains. Ces taches houillères feraient donc partie des dernières formations, quoique reposant sur le calcaire carbonifère. C'est, en effet, ce qu'à reconnu M. Cornet dans les déblais d'un puits creusé à Aulnoye.

Le sol carbonifère aurait eu la figure ci-contre avant que ne commence la formation houillère.



Plus tard, la pression du sud contre le nord fit prendre à tout cet ensemble une autre forme que la synthèse permet de déterminer approximativement et qui serait comme celle ci-contre.

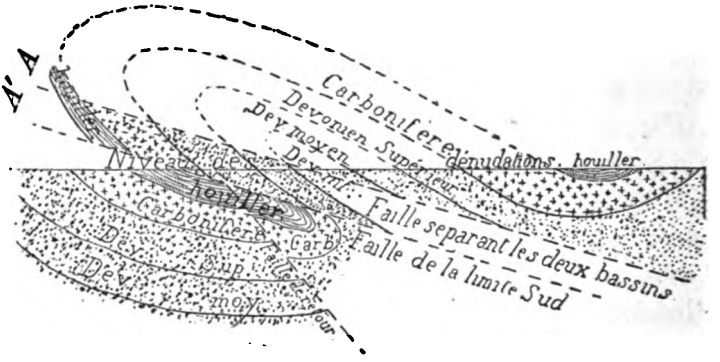


Les mêmes lignes, qui avaient autrefois cédé après la formation du calcaire carbonifère et qui formaient les falaises, cédèrent de nouveau. Ce sont des lignes de moindre résistance et la falaise devient la grande faille A ou crête de Condros.

Digitized by Google

Dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais, il se produisit, en même temps, une autre faille A' presque parallèle à la faille A, et les terrains compris entre les deux failles remontèrent, sous l'influence de la poussée, de 3 à 4,000 mètres. C'est la partie de terrain houiller cachée sous les failles, que j'appelle, dans le Pas-de-Calais : *Prolongement au sud de la zône houillère.*

Une coupe en travers donne la figure ci-contre :



On voit que, selon que A est plus ou moins rapproché de A', les couches renversées du dévonien supérieur ont de moins en moins de largeur à l'affleurement, et le dévonien inférieur, en place du bassin de Dinant, peut même être en contact avec le calcaire carbonifère renversé du bassin de Namur, qui est lui-même en contact avec le terrain houiller. Un sondage pourrait traverser ces trois terrains.

C'est en partant de cette étude que les exploitants d'Auchy-au-Bois ont voulu reconnaître si, réellement, sur leur concession, ce que jusqu'ici on a appelé la limite sud de la zône houillère, reculait en profondeur; c'était pour eux d'une importance capitale, car la position la plus avantageuse pour le creusement d'une nouvelle fosse, n'était pas sur l'axe de cette zône houil-

Digitized by Google

lère, comme on l'avait cru jusqu'ici, mais bien en un point le plus rapproché du bord méridional; on ne rencontrait ainsi le calcaire inférieur aquifère, qu'à la plus grande profondeur possible, et on évitait de traverser les terrains de recouvrement qu'on ne connaît pas encore assez.

Le 11 février 1873, un premier forage fut établi au sud N° 15; il rencontra le terrain, dit dévonien supérieur, à 131 mètres de profondeur, entra ensuite, à 168^{m}50, dans un terrain dolomitique, que je crois être la dolomie de Hure du Boulonnais, appartenant à la partie inférieure du terrain carbonifère; le renversement pouvait être supposé; mais ne sachant quand on atteindrait le terrain houiller, le 5 septembre 1873, on fit un second sondage à 170 mètres au nord du premier, tout en continuant celui-ci. Ce deuxième sondage atteignit, à 148 mètres de profondeur, un schiste noir à phtanites, rempli de polypiers, qui m'a paru très-bien se relier au calcaire à polypiers du Boulonnais, base du calcaire du haut banc à *Productus Cora*, de la formation carbonifère, alternant, dans ce pays, avec des bancs de dolomites. Au bout de quelques mètres, on put déterminer la pente des terrains traversés à chaque sondage; elle était d'environ 30° au sud. Le premier sondage, à 215 mètres, allait seulement rencontrer les terrains du deuxième, et on ignorait la pente et l'affleurement de la faille limite sud; on résolut de l'arrêter, et, le 2 février 1874, on reporta le matériel 70 mètres au nord du second, qui marchait activement et qui, après 22 mètres de schistes noirs à phtanites, traversa la faille, entra dans un mélange de schistes et de calcaire carbonifère et, à 185 mètres, recoupa une veine de charbon. Il était à 191^{m}40, dans des schistes houillers, quand le troisième sondage atteignit le terrain houiller à 146 mètres de profondeur, immédiatement sous le tourtia; ils furent alors arrêtés tous deux.

Le succès était donc complet, tous les points de la

Digitized by Google

théorie reconnus exacts; pas un seul n'était en défaut. Ces travaux font honneur à l'administration d'Auchy-au-Bois, qui n'a pas reculé devant des dépenses importantes pour démontrer matériellement un fait qui était contesté par beaucoup d'hommes de métier, malgré les exemples de Cauchy-à-la-Tour et de Courcelles; elle en est récompensée, car elle a aujourd'hui la certitude, qu'au sud de la zône de terrain houiller tracée comme limite, il y a plus de houille que ce qu'elle avait cru jusqu'ici n'être renfermé que dans des limites très-étroites.

Il y a donc de grandes réserves de houille au midi de l'affleurement de la grande faille (autrefois limite sud du bassin); ces réserves ne sont autres que la continuation du bassin actuel, accessible avec les moyens dont dispose l'art des mines, augmentant d'importance en profondeur, puisque, à 1,000 mètres, la limite ancienne est reculée de plus de 2,000 mètres sur les méridiens de Cauchy à la Tour et de Courcelles.

Le complément du bassin, qui a remonté entre les deux failles, a formé pendant longtemps une véritable montagne, que les agents atmosphériques ont ensuite dénudée, tout le temps qu'ont duré les formations permienne, triasique et jurassique.

A la fin de la formation du terrain crétacé inférieur, le sol avait à peu près le relief que nous lui trouvons aujourd'hui sous le tourtia. Enfin, le tourtia s'est déposé, puis les différentes couches crayeuses qui ont caché à l'homme ces immenses richesses que la science peut aujourd'hui découvrir, et en déterminer même les conditions géologiques.

Pour ce qui est du massif houiller d'Auchy-au-Bois (*Pl. XIII*), une partie a été renfoncée assez fortement par la faille dite de retour, au midi de laquelle les couches se retournent sous forme d'un U; puis le tout fut coupé en sifflet par la faille de la limite sud, et la partie séparée est remontée sur le plan de cette faille à une grande

Digitized by Google

hauteur, elle s'y trouve retournée et recouverte par le terrain carbonifère, qui a suivi le même mouvement ascendant en s'appuyant sur la faille, et ce dernier recouvert lui-même par le terrain devonien. Les érosions n'ont plus laissé (au méridien de la fosse N° 3), que la partie inférieure du calcaire carbonifère qui fait suite au devonien supérieur.

Du massif houiller primitif d'Auchy-au-Bois, il n'est resté que 600 mètres, au nord du cran de retour, mais on ignore encore combien d'épaisseur de terrain houiller cette faille a renfoncé; néanmoins, par la nature des houilles et le grand nombre des veines, le gisement d'Auchy-au-Bois est assez important pour permettre d'espérer une production considérable pendant plusieurs siècles.

Il a même plus de valeur que ne semble l'indiquer la carte qui le représente rétréci, par rapport au terrain houillerde Ferfay et de Marles. Pour le comparer à ces concessions, on ne saurait prendre d'exemple plus frappant que celui d'un livre dont on supposerait que les feuillets sont des couches de schistes et de grès, et les gravures intercalées, les veines de charbon. Si le livre est posé à plat ou légèrement incliné au sud, on a la représentation du terrain houiller de Marles, et sa projection sur la carte du bassin est presque de la largeur du livre. Si on incline le livre de 20°, on a l'exemple du terrain houiller de Ferfay, et sa projection est réduite; si on porte l'inclinaison à 30°, on a la représentation du terrain houiller d'Auchy-au-Bois, et la projection est encore moins large; toute personne étrangère au métier croira, à l'inspection de la carte, qu'il reste à peine un gît exploitable. Si, enfin, le livre est posé de champ, les feuillets et les gravures sont alors verticaux, et on représente le terrain houiller de Fléchinelle.

En face de la concession d'Auchy-au-Bois, le prolongement du bassin sous les terrains anciens, comprend donc toutes les veines connues actuellement aux deux

Digitized by Google

fosses, puis des veines supérieures, amenées par suite du renfoncement sur la faille de retour.

Il reste à déterminer jusqu'à quelle distance se prolonge au sud le bassin d'Auchy; cette distance, 4,000 mètres au moins, découle de la coupe théorique que j'ai faite; on voit qu'elle est très-importante, mais que, en même temps, la profondeur pour atteindre le terrain houiller augmente en s'éloignant au sud.

Les exploitants actuels d'Auchy doivent se contenter d'enlever les 6 à 700 premiers mètres de profondeur qui s'enfoncent sous la faille de la limite sud et sortent même très-loin de la limite actuelle de la concession, comme le prouvent les travaux au midi du puits N° 2, lesquels travaux, sortis de plus de 130 mètres au niveau de 270 mètres, se trouvent, en outre, 230 mètres sous les terrains anciens de recouvrement, et ont permis de déposer une demande en extension de la concession actuelle.

Au sud des autres concessions du Pas-de-Calais, les chercheurs ne doivent avoir en vue que l'exploitation, à cette profondeur de 6 à 700 mètres. Au-delà, les prix de revient ne seraient plus en rapport avec les prix de ventes, et il y aurait perte certaine dans l'exploitation.

En beaucoup de points, cependant, le terrain houiller est accessible, avant 500 mètres, au sud des limites actuelles des concessions du Pas-de-Calais; comme viennent aussi le démontrer : d'abord, la Compagnie de Liévin, par un sondage exécuté au sud de la Compagnie de Bully-Grenay et qui a traversé le grès rouge en place du bassin de Dinant, le calcaire renversé du bassin de Valenciennes et les couches supérieures renversées du terrain houiller, c'est-à-dire a traversé les deux failles; puis la Compagnie de Bully-Grenay, au sud de sa concession, et une Compagnie de recherches, au sud de la Compagnie de Courrières, au village de Méricourt.

Digitized by Google

La coupe passant en travers du bassin d'Auchy-au-Bois nous montre donc :

1° La zône en exploitation, formée d'alternances houillères, reposant directement, et en stratification concordante, sur le calcaire carbonifère rencontré aux deux fosses N° 1 et N° 2 et coupée par la faille de retour.

2° Un prolongement de cette zône, jusqu'alors inconnue, mais dont l'existence est aujourd'hui certaine, reposant, comme la première, en stratification concordante sur le même calcaire, et les veines inclinant d'abord au sud, se relevant ensuite pour former pente au nord (je me place dans le cas identique de la fosse Mulot, Compagnie de Dourges), puis se retournant sur elles-mêmes; cette partie renversée est probablement très-accidentée.

Ces accidents, sur une grande échelle, que je viens de signaler, se rencontrent aussi dans le terrain houiller de Valenciennes et y produisent des effets analogues, tel est le cas du cran de retour d'Anzin.

Ce cran de retour est une faille sur la surface de laquelle la partie supérieure du terrain houiller est descendue d'une hauteur qui, en certains points, peut être estimée à 1,500 mètres, à en juger par la différence de nature des houilles que l'on trouve des deux côtés au même niveau. Ainsi, à Anzin, tandis qu'au nord de la faille, les houilles renferment 18 à 20 °/₀ de matières volatiles, au sud, au même niveau, elles renferment 22 à 25 °/₀. Mais, en allant à l'est, les veines exploitées aux fosses Saint-Louis, du Moulin et de la Bleuze-Borne, qui ne sont qu'à 300 mètres au nord du cran de retour, s'en écartent de plus en plus, et, au puits Thiers, elles sont à plus de 1,000 mètres.

Dans l'intervalle, il se place des couches supérieures renfermant 20 à 22 °/₀ de matières volatiles.

Les veines, au sud de la faille de retour sont exploitées à la fosse du Chaufour et, en allant aussi à l'est, elles viennent butter à cette faille. Ce sont les couches infé-

Digitized by Google

rieures qui vont de plus en plus loin vers l'est. De sorte que, vers Onnaing, en entrant sur la concession de Crépin, il doit y avoir, des deux côtés du cran de retour, des houilles de même composition, c'est-à-dire que l'effet de la faille n'a plus là qu'une faible importance.

En Belgique, le cran de retour ne passe pas, et les combles sud, quoique en zig zag, sont la continuation des combles nord, sans solution de continuité.

Vers l'ouest, en venant vers Douai, le cran de retour diminue aussi d'importance et il est nul sur la concession d'Aniche, où les veines prennent en coupe la forme d'un U incliné au sud.

C'est dans la baie formée par les concessions de Denain et de Douchy, que le cran de retour produit le plus d'effet.

Après toutes ces explications, il devient facile de faire des coupes en travers du bassin, avec un certain degré d'exactitude.

Ces coupes expliquent toutes les anomalies signalées :

1° L'absence des houilles inférieures demi-grasses, au midi des houilles grasses supérieures ;

2° La faible largeur de l'affleurement de la bande carbonifère du sud, et même sa disparition complète en beaucoup de points. Mais cette bande a existé, avant les dénudations, avec toute son épaisseur ;

3° Plus au sud, la rencontre du dévonien inférieur, en place avec pente au sud, s'appuyant sur une faille et recouvrant des couches plus récentes renversées, ayant aussi pente au sud.

Digitized by Google

FOSSE N° 3 D'AUCHY-AU-BOIS.

ÉTUDE ET COUPE DES TERRAINS RENCONTRÉS PAR LE PUITS.

Les trois sondages N°s 15, 16 et 17 avaient été exécutés, comme nous l'avons dit, par la Compagnie d'Auchy-au-Bois, uniquement pour déterminer, le plus exactement possible, la trace, au niveau du tourtia, de la faille dite limite sud de la zône houillère, dans la région choisie pour l'emplacement de la troisième fosse.

Les deux sondages N°s 16 et 17 avaient surtout fourni des indications utiles pour cette détermination approximative.

Nous avons fait connaître les résultats de ces sondages.

On sait, par expérience, qu'il est sage de laisser, autour d'un puits de mine, un massif de sécurité, d'un rayon variant de 50 à 100 mètres, pour éviter les mouvements de terrain provenant de l'exploitation, lesquels mouvements peuvent compromettre la solidité du puits.

Par pure prudence, on laisse aussi un massif de sécurité autour de l'axe d'un sondage, quelque bien cimenté qu'ait été le trou.

Nous avions choisi les emplacements des sondages N°s 16 et 17, pour qu'en cas de succès de l'un d'eux, nous puissions placer la fosse près d'un de ces sondages, et n'avoir ainsi, pour le puits et le sondage, que la surface perdue comme massif de garantie, mais nous avons vu que l'affleurement sud de la zône houillère passait entre les deux sondages, distants entre eux de 70 mètres; il était alors possible, en plaçant la fosse entre ces deux sondages, d'englober le tout dans le même cercle destiné à rester vierge de toute ex-

Digitized by Google

ploitation. C'est ce que nous fîmes, et l'emplacement fut choisi à 47 mètres au nord du sondage N° 16.

Le fonçage du puits N° 3 présenta de sérieuses difficultés, et il a fallu vingt-six mois pour arriver à la base du tourtia, qui fut atteinte à 146^{m} 44. Une pompe de 0^{m}50 de diamètre a dû fonctionner jusqn'à 95 mètres de profondeur.

Pendant l'exécution de ce fonçage, les travaux au sud du puits N° 2 avançaient tellement, sous les terrains anciens de recouvrement, que l'inclinaison de la faille de la limite sud pouvait être supposée très-faible, et qu'il y avait chance, à la fosse N° 3, de recouper, par le puits, des calcaires anciens, avant de pénétrer dans le terrain houiller. Nous avouerons que nous éprouvions une certaine impatience à recouper ces terrains, car c'était une circonstance exceptionnelle pour leur étude. Ces calcaires anciens ne sont jamais qu'imparfaitement étudiés au moyen de sondages; nous allions ainsi connaître, outre la nature de ces couches, leur inclinaison, leur direction et surtout leurs rapports avec le terrain houiller.

Notre attente ne fut pas déçue. Les derniers morceaux de tourtia renfermaient des débris de phtanites de la formation du calcaire carbonifère; ce terrain fournit un peu d'eau salée qui sortait sans pression; cette venue a tari au bout de quelques heures.

A 146^{m}44, on trouva des schistes tendres, d'un noir de fumée salissant les doigts, imprégnés de sulfures de fer, mélangés avec des phtanites et renfermant beaucoup de fossiles silicifiés, parmi lesquels M. du Souich, à qui j'en ai donné, a reconnu : *Spirifer mosquensis*, *Orthis michelini*, *Athyris Roysii*, *Rhynchonella pentatona*, *Poteriocrinus crassus*, *Zaphrentis cornu copiæ*.

Ces fossiles indiqueraient que le terrain qui les renferme serait du niveau du calcaire carbonifère de Tournai, un peu plus ancien dans la série que celui d'Hardinghen. Ce terrain correspondrait plutôt au terrain N° 7, qui, dans

Digitized by Google

les plaines d'Hardinghen, est caché sous la petite faille, sur laquelle ont remonté les schistes rouges du dévonien supérieur. Ces fossiles, tout en indiquant, ce qui est évident, que la couche est de la partie inférieure du calcaire carbonifère, pourraient appartenir aussi à des couches absentes à Hardinghen, puisque, dans le Boulonnais, l'épaisseur totale du calcaire carbonifère est inférieure à 400 mètres, tandis qu'en face d'Auchy-au-Bois, le calcaire a plus de 1,500 mètres de puissance. En comparant ces schistes avec ceux trouvés sur 22 mètres de hauteur au sondage N° 16, il n'y avait aucun doute sur leur analogie.

(Un des deux sondages exécutés par la Compagnie dite *la Modeste de Westrehem*, au sud-ouest du puits N° 2 d'Auchy-au-Bois, avait atteint, à 211 mètres, une formation de silex noirs ou phtanites qui peut bien se relier à celle du puits N° 3.)

Après ces schistes noirs pyriteux, à phtanites, dont l'épaisseur fut de 5^{m}30 dans l'axe du puits, on rencontra, à 151^{m}80, un calcaire grésiforme, gris, très-dur, renfermant beaucoup de géodes pleines d'eau et tapissées de cristaux de calcites de la grosseur d'une noisette, avec des petits grains de pyrite.

La surface de séparation des schistes noirs et du calcaire grésiforme, incline au sud de 33°, ce qui indique que ce calcaire grésiforme vient s'arrêter sur la faille de la limite sud, au nord du sondage N° 16, et n'avait pu être rencontré par celui-ci.

Ce banc de calcaire grésiforme a 2^{m}40 d'épaisseur; les morceaux de la base répandent, au frottement, une odeur d'hydrogène sulfuré.

A 154^{m}20, on touche un autre banc de calcaire, noir sale, plus dur, pyriteux, concrétionné et poreux; l'inclinaison au sud est toujours de 33°; mais, à 155^{m} 40, ce banc est coupé en sifflet, suivant un plan incliné de 18° 1/2 au sud, ou de 1 mètre de hauteur verticale pour trois mètres de distance horizontale. La direction de ce

Digitized by Google

plan est de N-O, S-O. C'est le passage de la faille dite limite sud du bassin.

Dessous, apparaissent des schistes houillers, avec empreintes de fougères ; mais ces schistes sont accompagnés d'amas de charbon et de gros rognons de calcaire carbonifère. Cet ensemble forme une espèce de brèche, qui est bien ce que l'on devait rencontrer le long d'une faille qui a produit un transport de couches aussi considérable.

Le petit bassin des plaines d'Hardinghen *(Pl. XIII)*, qui est sous la même faille, se présente exactement de la même manière. On n'y trouve, à la tête, que des nids de houille mélangée de calcaire. Mais là, à cause de la faible épaisseur de ce gisement, on ne tarde pas non plus à trouver le calcaire de la base. De 155^{m}40 à 160 mètres de profondeur dans le puits N° 3, les rognons de calcaire noir sont de plus en plus rares et la roche est, à cette dernière profondeur, formée principalement de schistes tendres de formation houillère.

De 160 à 167 mètres, ce sont des alternances de schistes et de grès houillers, dans lesquelles on reconnaît un fort pendage au sud.

Enfin, à 167 mètres, le puits recoupe une couche de charbon, inclinée de 41° au sud, qui fournit de gros blocs de houille d'un demi-mètre cube. Ce charbon est encore impur et sulfureux ; il se ressent du voisinage de la faille.

D'après nos comparaisons avec les couches de houille rencontrées par le sondage N° 7, à Bellery, nous croyons être, au puits N° 3, sur la partie supérieure de ce magnifique faisceau de veines.

Digitized by Google

TROISIÈME PARTIE.

ÉTUDE COMPARATIVE DES TERRAINS HOUILLERS D'AUCHY-AU-BOIS ET DU BOULONNAIS. — DÉTERMINATION DE L'AGE DE LA HOUILLE DE CE DERNIER BASSIN.

Le terrain houiller du Boulonnais a été étudié, depuis le commencement de ce siècle, par les plus grands géologues français et anglais, et, presque tous ont conclu différemment. Après des savants comme MM. du Souich, de Verneuil, Murkisson, Élie de Beaumont, Delanoue, Scharpe, Austen, il y avait témérité d'émettre son opinion, à moins que pour s'abriter, elle ne fût conforme à celle de l'un d'eux.

M. Promper, ex-directeur des mines de Dourges, sous les ordres de qui je fus pendant huit ans, a passé les premières années de sa carrière d'ingénieur à exécuter des travaux de mines dans le Boulonnais; aussi, reste-t-il toujours passionné pour la géologie de ce pays, et nous eûmes souvent des conversations dans lesquelles il me faisait part de ses idées, qui diffèrent aussi de celles des savants ci-dessus dénommés.

Plus tard, lorsque M. Gosselet fit paraître son *Étude sur le terrain carbonifère du Boulonnais*, je l'étudiai en détail; je me rappelais les conversations de M. Promper, et c'est alors que je me suis mis à chercher les points de comparaison qui existent entre le bassin du Boulonnais et le grand bassin du Pas-de-Calais.

Comme beaucoup d'ingénieurs, j'avais été frappé depuis longtemps de la position du bassin d'Hardinghen sur le

Digitized by Google

prolongement rectiligne du bassin d'Auchy-au-Bois et de Fléchinelle, et, vaguement, je disais qu'il ne serait pas impossible qu'il se trouvât du terrain houiller dans l'espace compris entre Fléchinelle et Hardinghen ; mais je ne pouvais avancer la moindre théorie ; c'est dans le travail de M. Gosselet que j'ai trouvé les premiers matériaux pour essayer de relier le bassin du Boulonnais avec celui dit du Pas-de-Calais.

D'abord, je fus frappé des caractères de la bande étroite dite des Plaines d'Hardinghen ; c'était la représentation du sommet de l'angle de la base du terrain houiller, avec la faille de la limite sud, en faisant passer cette faille à une faible hauteur au-dessus de cette base. On trouve dans ce petit bassin des Plaines : d'abord, comme à la fosse N° 3 d'Auchy-au-Bois, immédiatement sous la faille de la limite sud, des amas de charbon mélangés de schistes houillers et de calcaire carbonifère, et, un peu plus bas, les couches houillères, avec leur inclinaison au sud, reposent aussi en stratification concordante sur le calcaire carbonifère et s'enfoncent sous la grande faille de la limite sud, au midi de laquelle viennent s'appuyer les terrains carbonifères, relevés à la surface et renversés lors du grand mouvement qui a produit l'U incliné.

En un mot, la coupe du bassin des Plaines est une réduction de celle d'Auchy-au-Bois. La partie appelée bassin d'Hardinghen, qui est celle qui fournit une véritable exploitation, a été plus difficile à étudier (*Planche XIII*).

Les couches houillères ont une inclinaison de 20° au nord-ouest ; elles viennent butter, au nord, contre une faille presque verticale (70° d'inclinaison au sud) ; mais le fait le plus extraordinaire, et qui a reçu tant d'explications différentes, c'est que ce gisement houiller est coupé en sifflet, suivant un angle de 12° au nord, par une faille sur laquelle reposent des calcaires carbonifères augmentant d'épaisseur vers le nord, et que les trois fosses *du Souich*, *Renaissance* et *Providence* ont dû traverser avant

Digitized by Google

de pénétrer dans le terrain houiller. Il est reconnu aujourd'hui, sans contestation, que ce calcaire appelé calcaire Napoléon, est d'une formation antérieure à celle du terrain houiller, et est du même âge que les couches du même nom reconnues sur d'autres points et dont le niveau géologique est compris entre le terrain dévonien et le terrain houiller.

En prolongeant la faille de séparation du calcaire avec le terrain houiller, elle vient rencontrer la faille sud, prolongée aussi, du bassin des Plaines; si, de ce point de rencontre comme centre, nous faisons faire un mouvement de rotation, de manière à amener les deux failles dans le prolongement l'une de l'autre, nous remarquons que les différentes couches, qui encaissent le bassin d'Hardinghen, viennent occuper des positions qui sont le prolongement des couches encaissantes du petit bassin des Plaines, et on obtient un ensemble qui représente le bassin d'Auchy-au-Bois, en supposant la faille de la limite sud entamant ce bassin à 200 mètres de hauteur, par rapport à la base (*Pl. XIII*).

Si le mouvement de bascule au nord-ouest, qui a brisé la faille de la limite sud, n'avait pas eu lieu, il ne serait resté du gisement d'Hardinghen, que le petit bassin des Plaines, car le niveau final des dénudations postérieures est plus bas que la base de la formation houillère avant le mouvement.

La faille, qui arrête au nord le pied des veines, se comporte exactement comme la faille de retour dans le gisement d'Auchy-au-Bois; elle y joue le même rôle; cette faille, en allant à l'ouest, coupe en biais les couches inférieures, dévoniennes d'abord, puis carbonifères; sur Ferques, les directions des couches s'écartent assez au nord pour laisser une ligne de terrain houiller. Le long de cette ligne, et dans la faille, il s'y trouve même des amas de charbon qui ont été exploités autrefois aux puits de Ferques et de Leulinghen.

Digitized by Google

Quoique la comparaison entre le bassin du Pas-de-Calais, qui est la continuation de celui du Nord, et le bassin d'Hardinghen paraisse si concluante, il faut pousser les investigations encore plus loin, pour ne laisser aucun doute. Les fosses d'Hardinghen, comme celles actuelles d'Auchy-au-Bois, exploitent les veines inférieures de leur gisement. Or, il arrive ceci de remarquable, que la cinquième couche, en partant de la base, fournit un charbon pour la forge, qui lui a fait donner le nom de Maréchale par les deux Compagnies; c'est le nom que cette veine porte à Hardinghen depuis plus de 50 ans, et à Auchy-au-Bois depuis 18 ans. Je n'en conclus pas que ce soit la même veine, mais seulement que les charbons sont de même nature, caractère qui a sa valeur. Enfin, sur une épaisseur de 160 mètres de terrain houiller, connue à la fosse Providence, on trouve dix veines; même nombre à Auchy-au-Bois pour les 160 mètres de la base.

Mais le caractère principal, celui qui donne presque le millésime de la formation, qui permet de lire l'âge de la houille, ce sont les empreintes.

Nous avons déjà prouvé que chaque couche de houille a ses empreintes à elle propres, ou, du moins, certaines empreintes dominent dans chaque couche, comme chaque période de notre histoire a laissé des médailes. Ce sont ces médailles que l'on trouve à Hardinghen, identiques à celles d'Auchy-au-Bois.

Voici les noms des empreintes connues du terrain houiller d'Hardinghen, déterminées par M. Jules Barrois : *Pecopteris Loshii* (Auchy-au-Bois), *Nevropteris heterophylla* (Auchy-au-Bois), *Sphenopteris coralloïdes* (Auchy-au-Bois) *Trichomanites delicatulus, Sphenophyllum erosum* (rameaux et fruits) (Auchy-au-Bois), *Annularia radiata* (Auchy-au-Bois), *Astherophyllites delicatulus* (Auchy-au-Bois), *Calamites sukowii* (Auchy-au-Bois), *Calamites cystii.*

Ces empreintes appartiennent aussi toutes aux trois

Digitized by Google

grandes familles des Calamites, des Astérophyllites et des Fougères. La houille d'Hardinghen fait donc partie des formations supérieures du terrain houiller.

J'arrive donc, les mains pleines de preuves, à prouver que le bassin houiller du Boulonnais, modifié par les nombreux accidents qui le rendent si difficile à étudier, à l'époque de sa formation, était en communication avec celui du Pas-de-Calais, dont il formait le prolongement; que sa division en trois bassins vient corroborer ce qui a été prouvé dans le chapitre précédent, c'est-à-dire l'existence du prolongement au sud de la zône houillère du Pas-de-Calais, recouverte de terrains plus anciens. De cette étude, il résulte aussi qu'à l'ouest de Fléchinelle, où la faille de la limite sud pénètre dans le calcaire carbonifère du Nord, ce qui reste de la zône houillère du Pas-de-Calais continue à l'ouest, mais elle est complètement recouverte de terrains plus anciens qui ont remonté sur la faille. Les sondages exécutés jusqu'ici, entre Fléchinelle et Hardinghen, ont toujours été arrêtés à la rencontre du terrain d'une formation plus ancienne que la houille. Quand on reconnaît que ces terrains sont en place, il est inutile de continuer le forage; mais, si au contraire on peut constater un renversement, l'existence de la houille en profondeur est possible.

Jusqu'ici, aucun de ces sondages n'a rencontré le terrain houiller immédiatement sous les terrains secondaires. Y a-t-il un point où ce cas favorable puisse se présenter, comme sur la surface où se trouvent les vieilles fosses d'Hardinghen, qui ne traversaient pas de terrain calcaire avant d'atteindre la houille? Je le crois et en voici les raisons : Le gisement houiller d'Hardinghen, avec le sommet de l'angle dans le bassin des Plaines, a ses couches houillères plongeant au nord-ouest. C'est le mouvement de bascule, dont la faille N. 82° O. paraît avoir été l'axe de rotation, qui est la cause de ce plongement. Avant ce mouvement, le gisement houiller d'Hardinghen devait

Digitized by Google

être en solution de continuité avec la partie houillère cachée par les terrains plus ancie d'Auchy-au-Bois, au midi de Fléchinelle et aus de Fléchinelle, car elle se présente avec les r rains encaissants. Il est probable que ce n'est pa ment que ce gisement, dont la partie corresp à 2,000 mètres de profondeur, au méridien du chy-au-Bois, est arrivé au niveau actuel à Ha avec pente au nord-ouest.

Le complément de ce gisement doit se trou d'Hardinghen, dans des conditions symétrique dire avec pente au sud-est.

C'est pour reconnaître si cette hypothèse e que la société de recherches dite d'Alembon deux sondages. Le premier, à Alembon, dans Madame, a rencontré, à 90 mètres de profondeu de Fiennes, et, à 100 mètres, les schistes roug c'est-à-dire le dévonien en place; il a donc été a

Le deuxième sondage, sur la route de Licques bert, est à 197 mètres, dans les terrains jurassi le continue jusqu'aux terrains de transition.

En terminant, je dois dire que si j'ai pu men étude à bonne fin, c'est grâce aux travaux de M. sur le Boulonnais, que je n'ai cessé de consulter conclusions, sur la position du calcaire Napoléon t dans les fosses, que je démontre renversé sur le houiller en place, sont différentes de celles de M. G qui, après avoir cru à un renversement, a adopté l'idée contraire, il n'en est pas moins vrai que, sans vail de M. Gosselet, j'aurais fait une étude compa fort incomplète, avec le bassin du Pas-de-Calais.

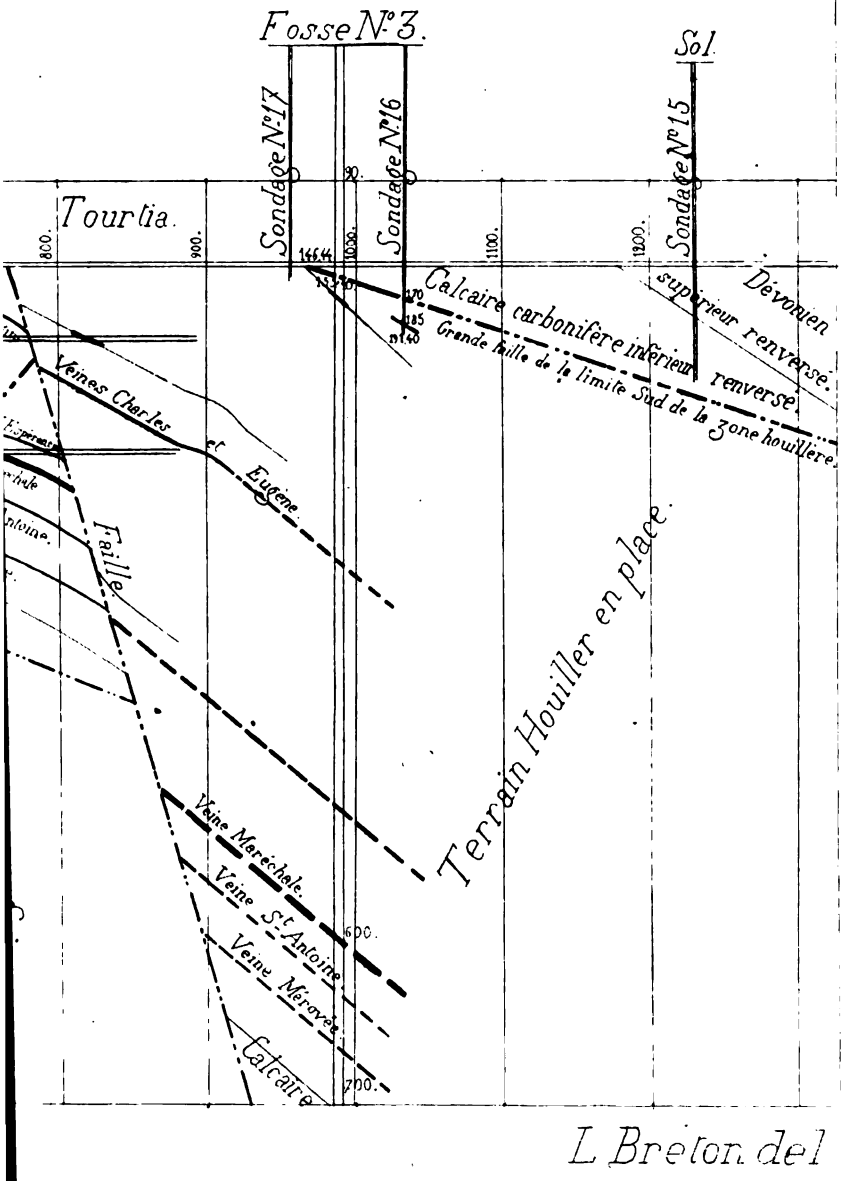
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Pl. II.

°1 Echelle $\frac{1}{5000}$

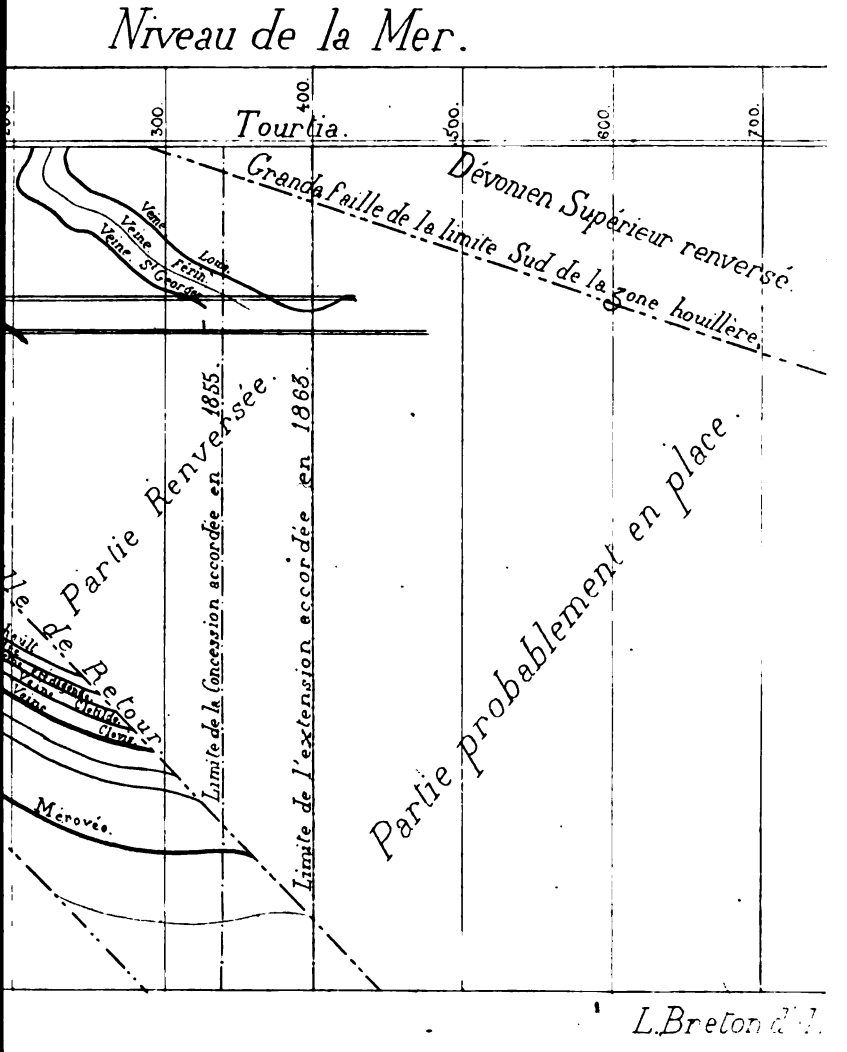


L. Breton del

Digitized by Google

Digitized by Google

2. Echelle $\frac{1}{3000}$.

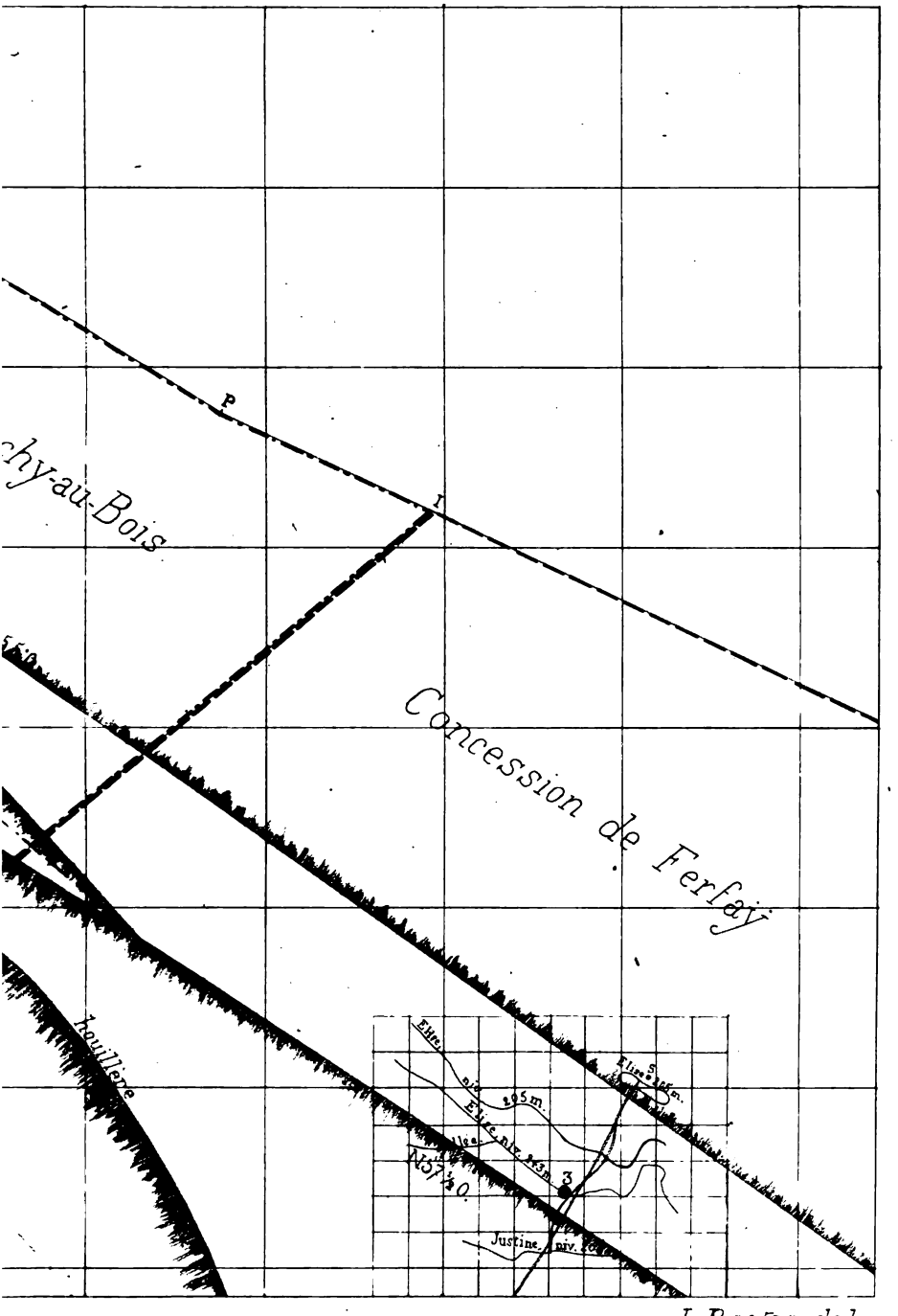


Digitized by Google

Digitized by Google

u-Bois Echelle. $\frac{1}{20000}$.

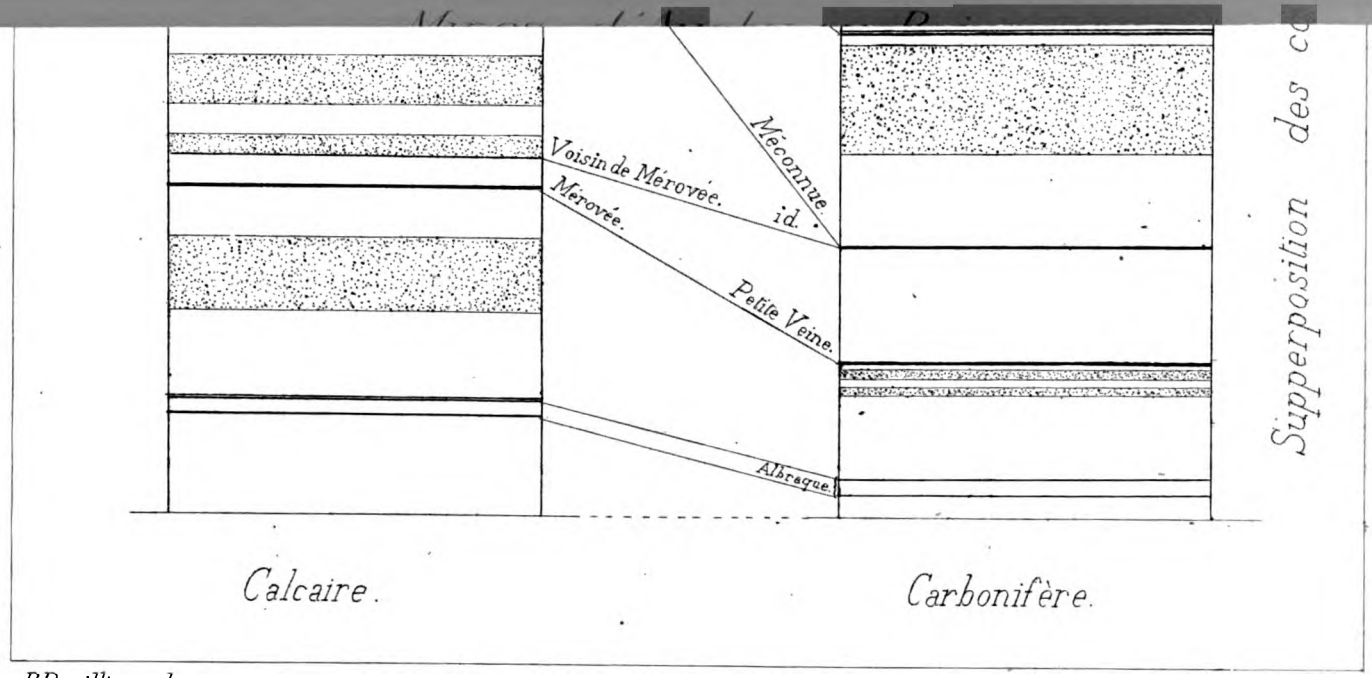
PIIV.



L. Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google

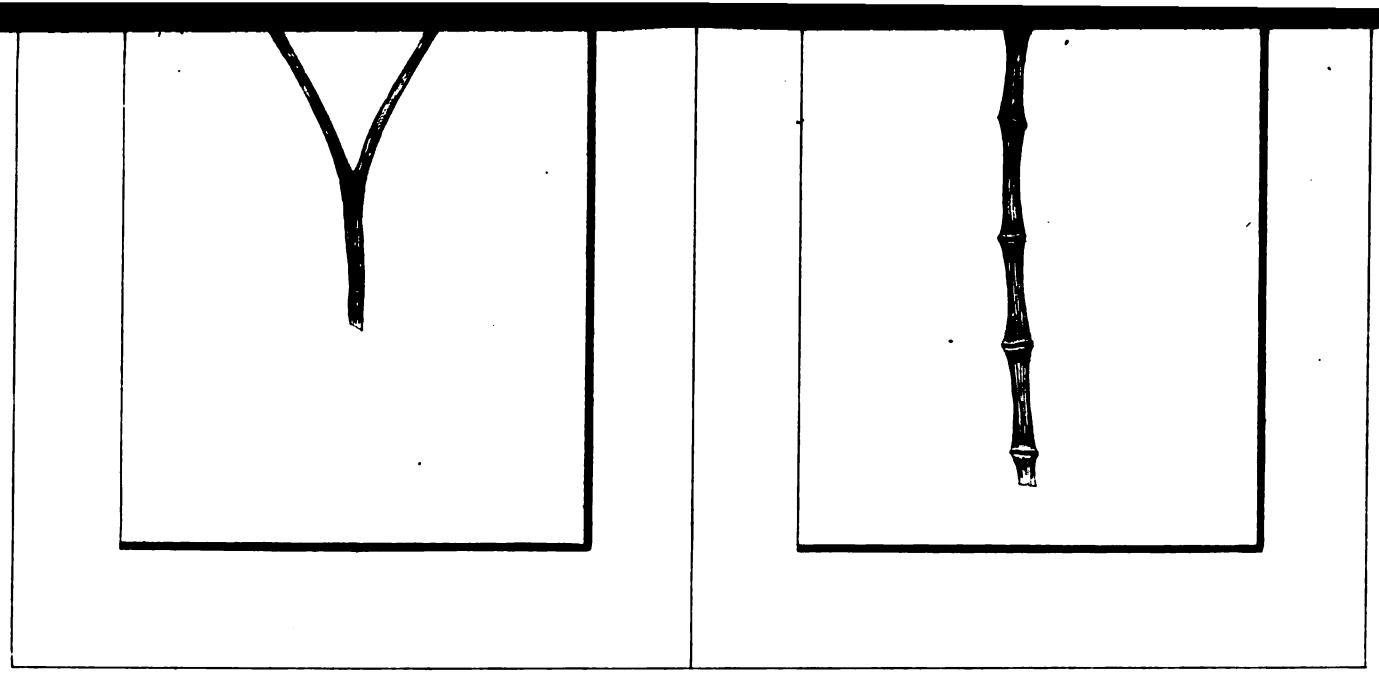


P.Duvillier sculp.

L.Breton del.

Digitized by Google

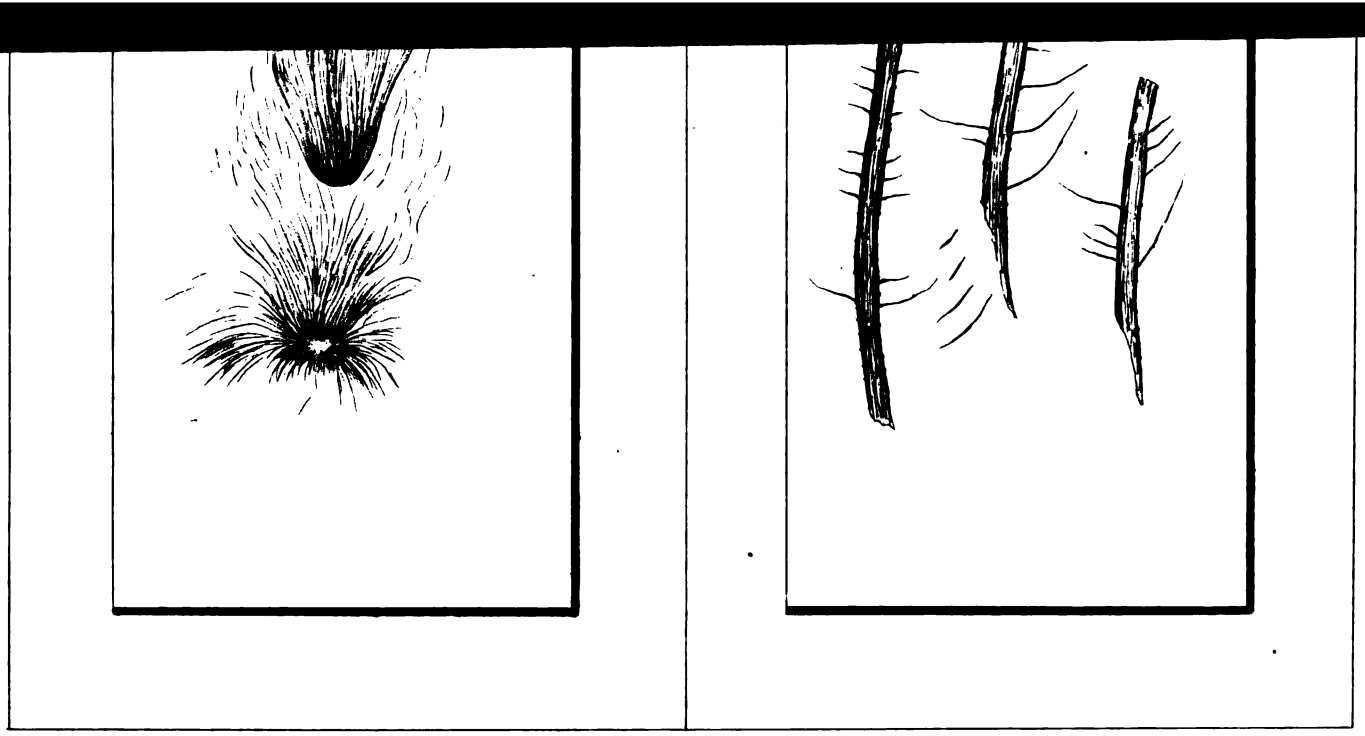
Digitized by Google



P.Duvillier sculp *L.Breton del.*

Digitized by Google

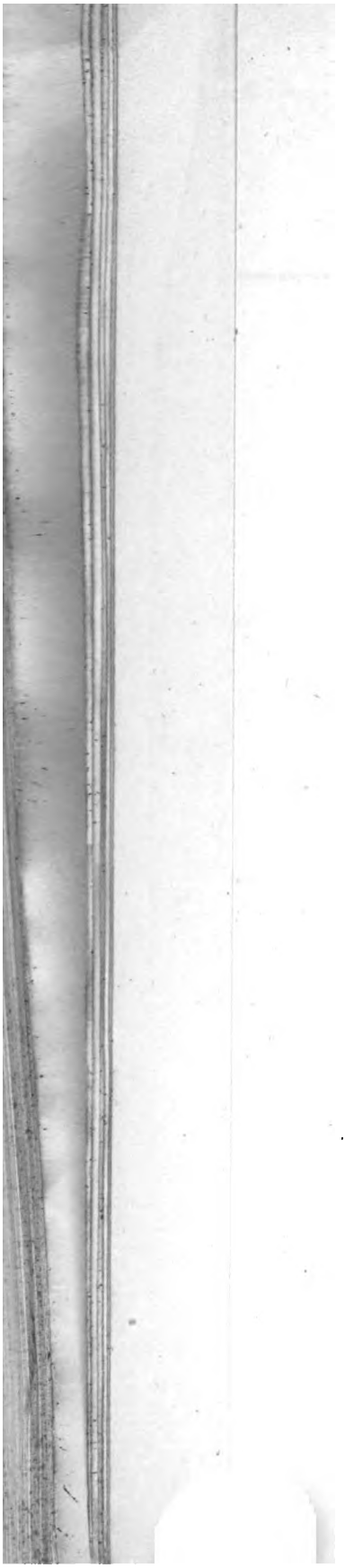
Digitized by Google



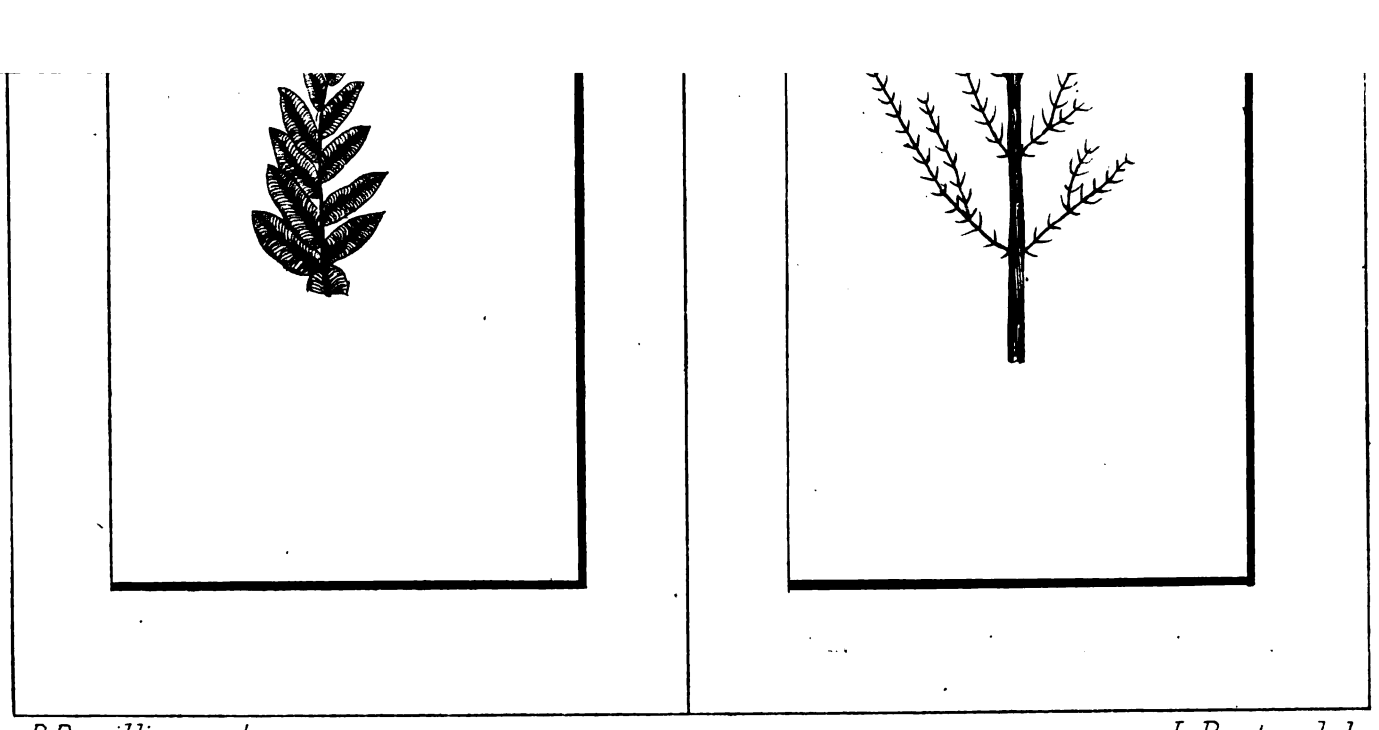
P. Duvillier, sculp.

L. Breton, del.

Digitized by Google



Digitized by Google



P. Duvillier sculp.

L. Breton del.

Digitized by Google

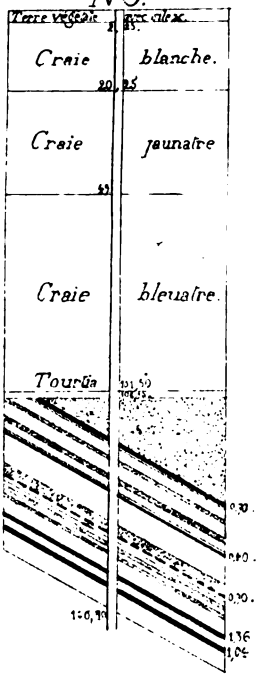
d'Auch
1/2000.

Digitized by Google

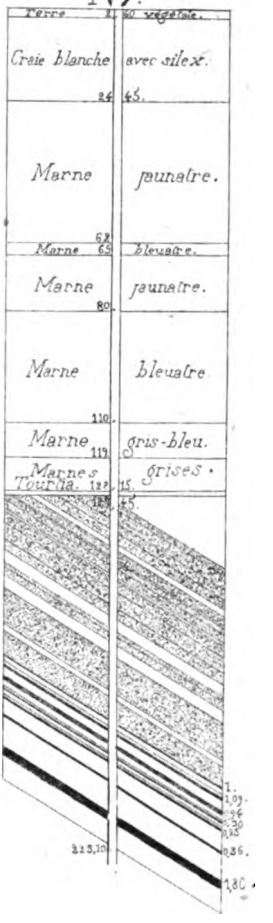
d'Auchy-au-Bois.

$\frac{1}{2000}$.

N6.



N7.



L. Breton del.

Digitized by Google

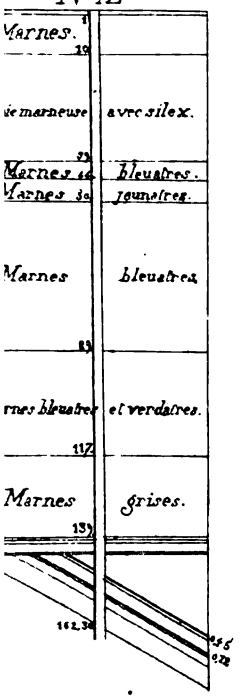
Digitized by Google

S.

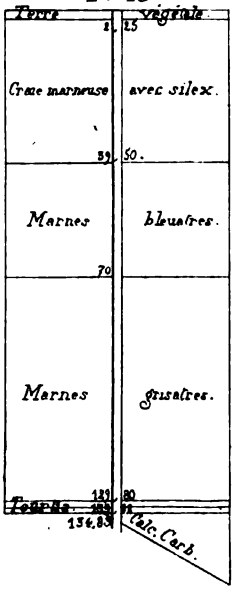
Pl. X

an dissement

N° 12



N° 13



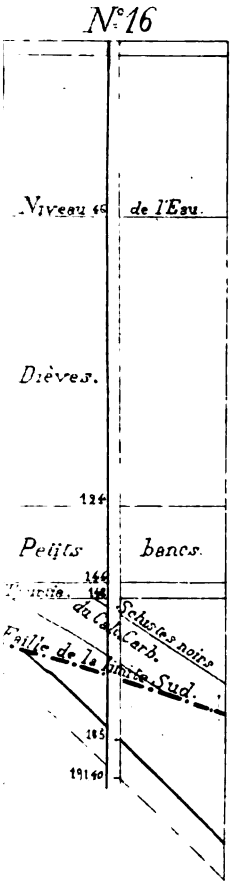
L. Breton del

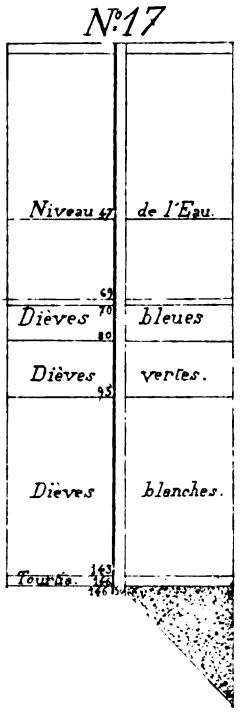
Digitized by Google

Digitized by Google

...placements

$\frac{1}{50}$.

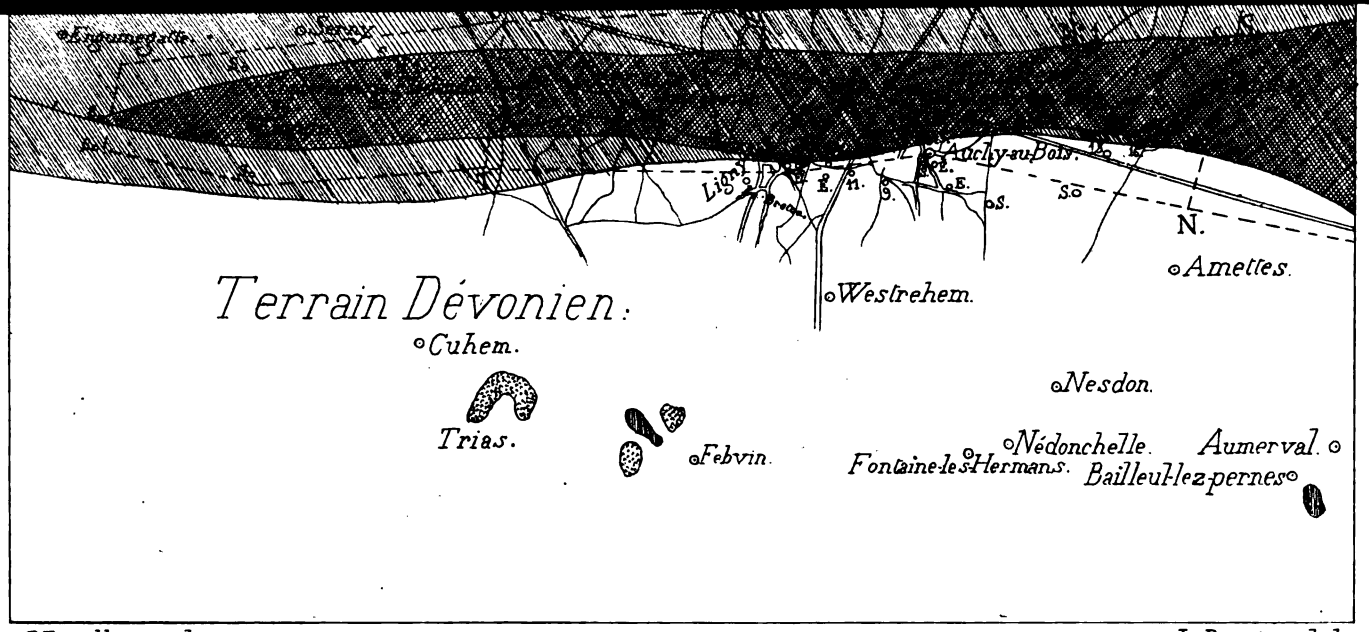




L.Breton del.

Digitized by Google

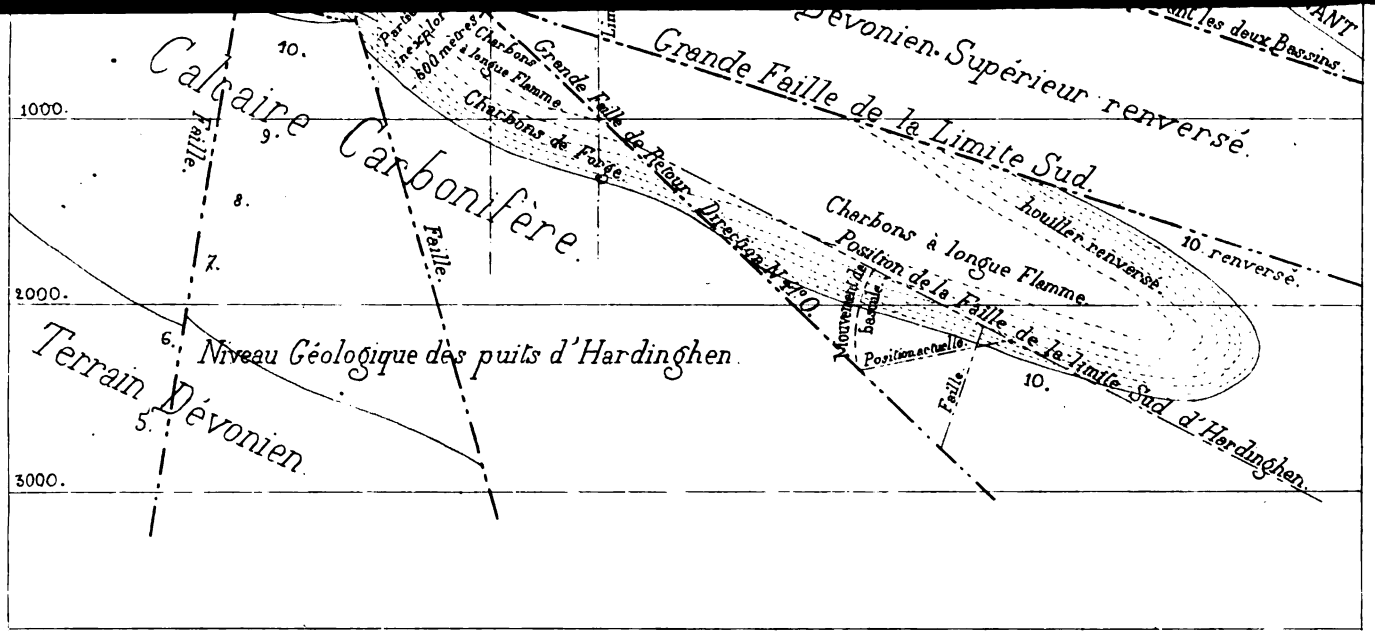
Digitized by Google



P.Duvillier. sculp. L.Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google



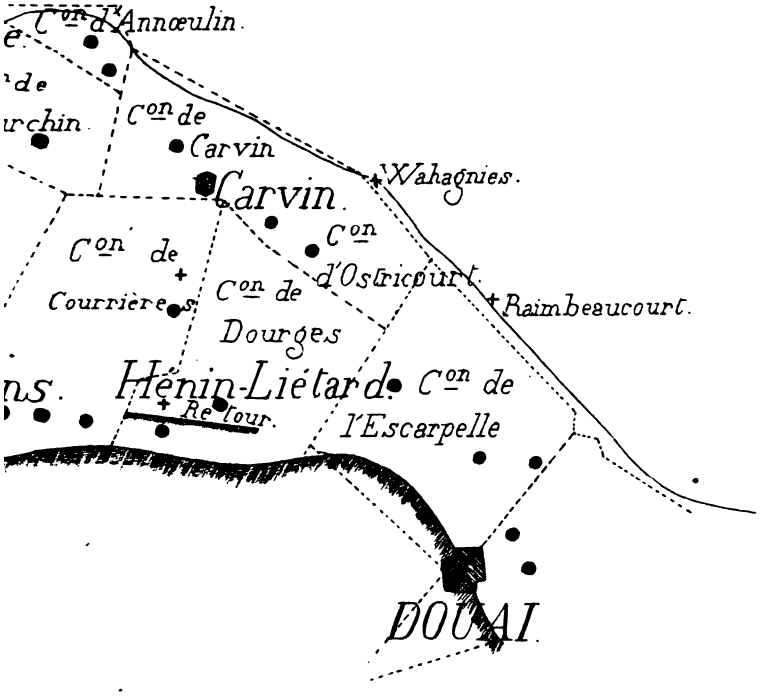
P. Duvillier Sculp. L. Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google

les Concessions Echelle 1/240000.

PlXIV



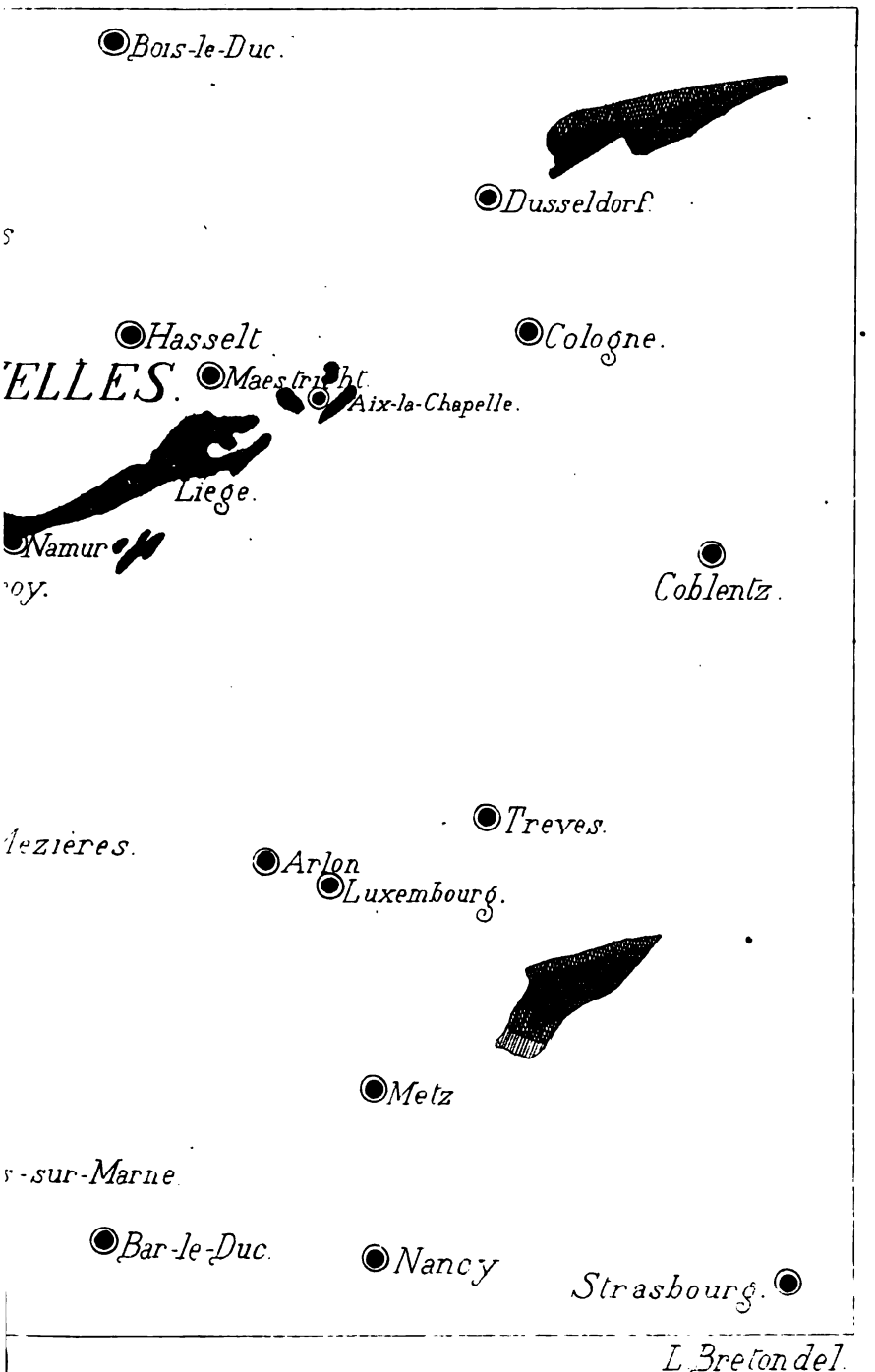
L. Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google

Belgique et de la Prusse.

Pl. XV

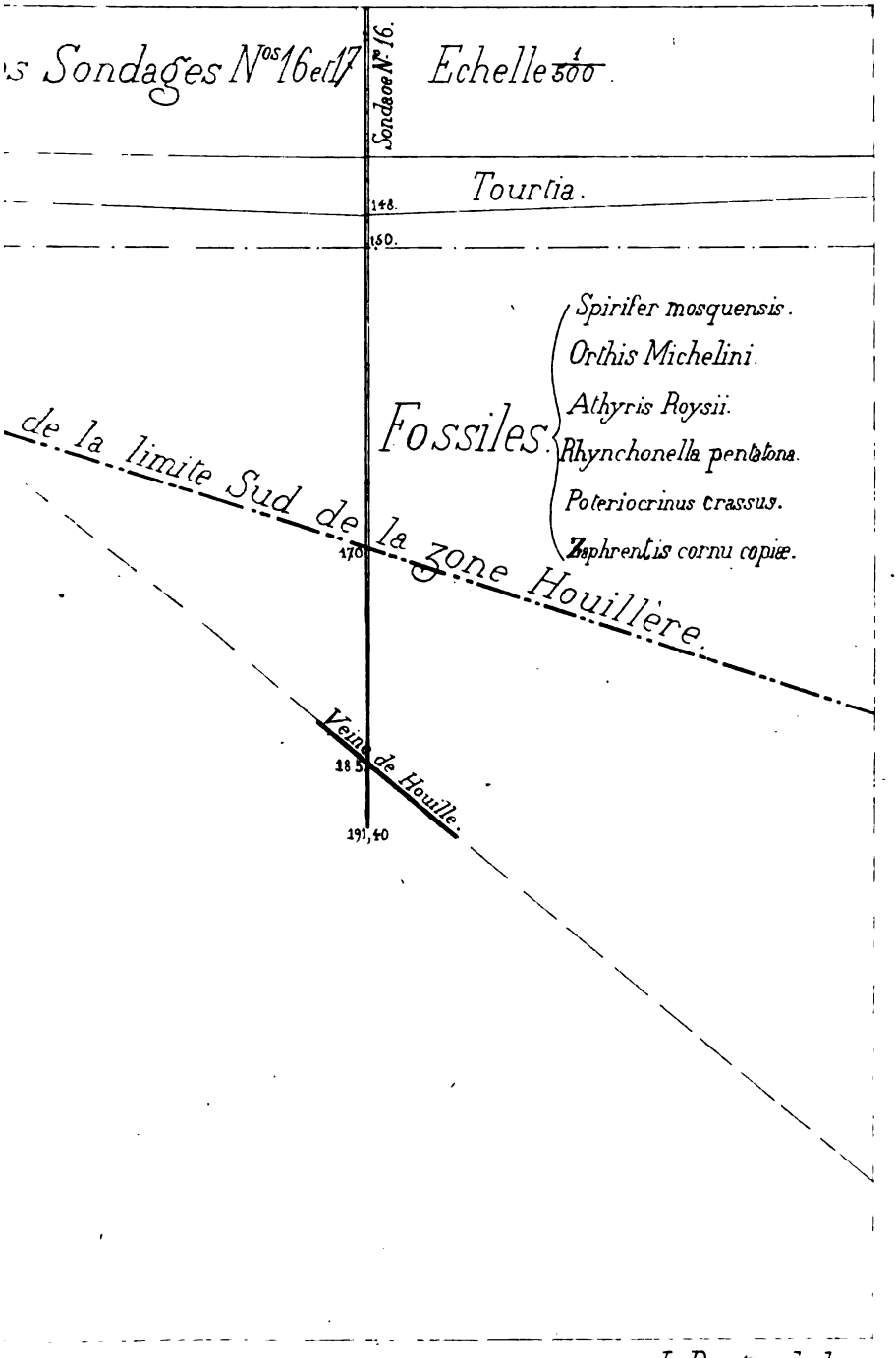


L. Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google

Pl. XVI.



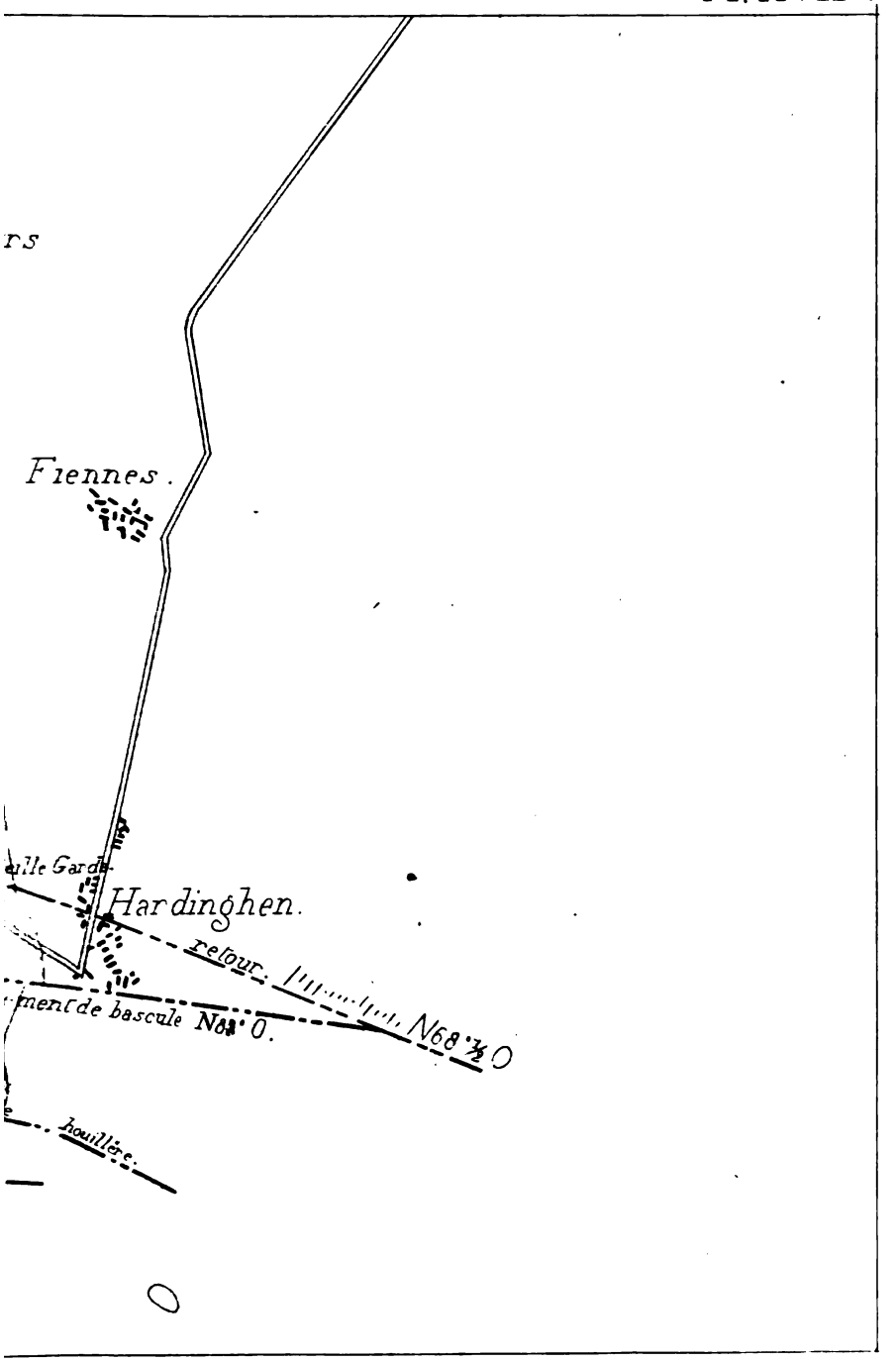
L. Breton del.

Digitized by Google

Digitized by Google

du Bas-Boulonnais Echelle $\frac{1}{40000}$

Pl. XVII.



L. Breton. del.

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉTUDE

SUR LE

TRAVAIL MÉCANIQUE DE LA FILATURE DU LIN(*)

PAR

E. GRÉGOIRE,

Ex-professeur de mathématiques à l'École des Arts industriels et des Mines de Lille,
Représentant d'industrie.

(Médaille d'or au concours de 1876).

16 août 1874.

INTRODUCTION.

La filature est l'industrie qui a pour but de transformer en fil les différentes substances susceptibles de cette opération. Ces substances sont toutes fournies par le règne végétal et par le règne animal. Le règne minéral n'en fournit guère qu'une : l'*amiante;* mais cette matière est trop rare et d'un prix trop élevé pour qu'elle puisse jamais devenir l'objet d'une grande industrie.

Les substances textiles que fournit le règne animal, telles que la soie, la laine et autres poils d'animaux, sont de véritables tubes que l'on ne peut pas diviser; il en est

(*) L'emploi des mesures anglaises, pour la supputation des dimensions des machines, ayant prévalu parmi les filateurs, nous nous sommes, à ce sujet, conformé à l'habitude Voici, en mesures françaises, les équivalents des mesures usitées dans ce travail :

Le yard	= 3 pieds	=	0m.914.
Le pied	= 12 pouces	=	0 . 305.
Le pouce	= 8 lignes	=	0 . 0254.
La livre avoir du poids		=	0k. 453.

Digitized by Google

de même du coton, qu'on peut considérer comme une espèce de poil végétal.

Mais il en est autrement des matières végétales, telles que le lin, le chanvre, le formium (jute), etc. Ces matières, qui sont des écorces, sont composées de fibres longues et plates, qu'on peut amener à un degré de division plus ou moins grand. Aussi, avant de les filer, commence-t-on, préalablement, par les soumettre à l'opération d'un peignage, ayant pour but de fendre leurs fibres et de les amener à un degré suffisant de finesse.

La filature comprend deux séries d'opérations : l'une, dite de préparation, a pour but de disposer les filaments parallèles entr'eux, et de les former en un ruban ou mèche continue et régulière, c'est-à-dire ayant partout la même épaisseur; l'autre, le filage, ayant pour but d'allonger encore la mèche fournie par les machines de préparation, de lui donner la grosseur que doit avoir le fil et de tordre celui-ci pour qu'il ait de la solidité.

Il y a donc, naturellement, deux genres de machines, en filature : les machines de préparation et les métiers à filer. Les autres machines, telles que dévidoirs, peloteuses, bobineuses, etc., qui mettent le fil en écheveaux, pelotes et bobines, sont des machines accessoires qui, au point de vue de la fabrication proprement dite, n'ont qu'un intérêt secondaire.

Nous ne parlerons, dans cette étude, que des machines destinées à travailler le lin, le chanvre ou le formium, et comme, pour ces trois matières, les machines sont presque identiques, sauf les dimensions et quelques différences de détails, il nous suffira de décrire les machines à travailler le lin.

Nous n'avons pas la prétention de faire un cours complet de filature. Ce que nous nous proposons, c'est de décrire les machines existant actuellement, d'exposer le jeu de leurs organes, de soumettre leurs mouvements au calcul et d'en déduire des résultats numériques, exprimant,

Digitized by Google

mathématiquement, le travail théorique. Nous laisserons donc de côté tout ce qui est relatif à l'origine, la culture, le rouissage, l'écangage, la provenance et la qualité du lin, pour ne nous occuper que de la manière dont il est transformé en fil. Nous diviserons cette étude comme il suit :

1° Peignage.

2° Préparation du lin.

3° Cardage et préparation des étoupes.

4° Filage au mouillé ou au sec.

5° Calcul du poids de matière à étaler, pour produire un N° donné de fil.

6° Notions sur les machines accessoires.

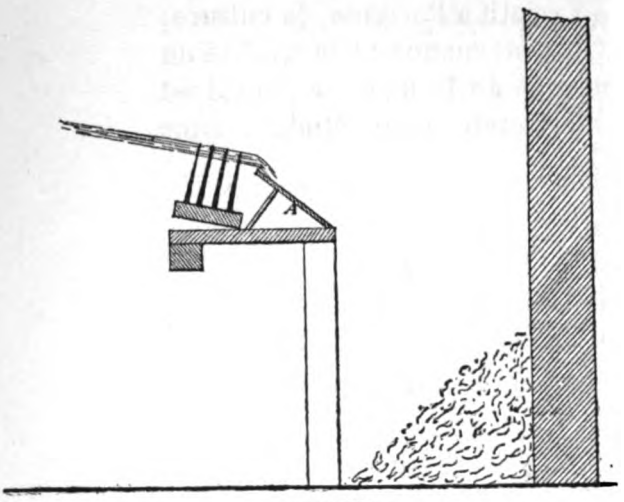
PEIGNAGE.

Le peignage a pour but de fendre les fibres du lin et d'augmenter ainsi le degré de finesse de ses filaments ; il se fait à la main ou à la machine : plus on peigne le lin, plus ses filaments deviennent fins, mais aussi, plus le rendement en lin peigné diminue. On ne peigne généralement le lin que jusqu'à ce qu'il ait acquis un degré suffisant de finesse pour le N° du fil qu'on veut produire. C'est à l'expérience d'apprendre le degré de peignage qui convient, pour telle qualité de lin, à un N° donné.

PEIGNAGE A LA MAIN.

Le peignage à la main se fait sur une série de peignes, allant en augmentant de finesse ; le plus gros, appelé dégrossisseur *(roffer)*, a ses pointes très-fortes, longues et écartées.

Digitized by Google



Le peigne est fixé sur un établi ou banc, au moyen de deux boulons, comme le montre la figure. Il est légèrement incliné d'avant en arrière, afin que les pointes mordent mieux au cordon. Une planchette A, placée derrière, empêche le cordon de lin d'entrer trop profondément dans le peigne. Le peigneur enroule l'une des moitiés du cordon autour de la main droite, puis, en guidant l'autre de la main gauche, il la tire, graduellement, à travers le peigne, en commençant par le bout, avançant, à chaque coup de peigne, d'une certaine quantité. C'est par le gros bout, c'est-à-dire par le côté des pieds, que se commence toujours le peignage. Après avoir fait subir l'opération aux deux moitiés du cordon, le peigneur passe la répéter sur un, deux, ou trois peignes, de plus en plus fins, suivant le degré de peignage à donner au lin. Les cordons de lin peigné sont mis en paquets, pour être ensuite transportés au magasin de lin peigné. Quant aux fibres qui restent dans les peignes, elles forment des étoupes, que l'on jette, à part pour chaque peigne, dans des bacs placés derrière l'établi.

Digitized by Google

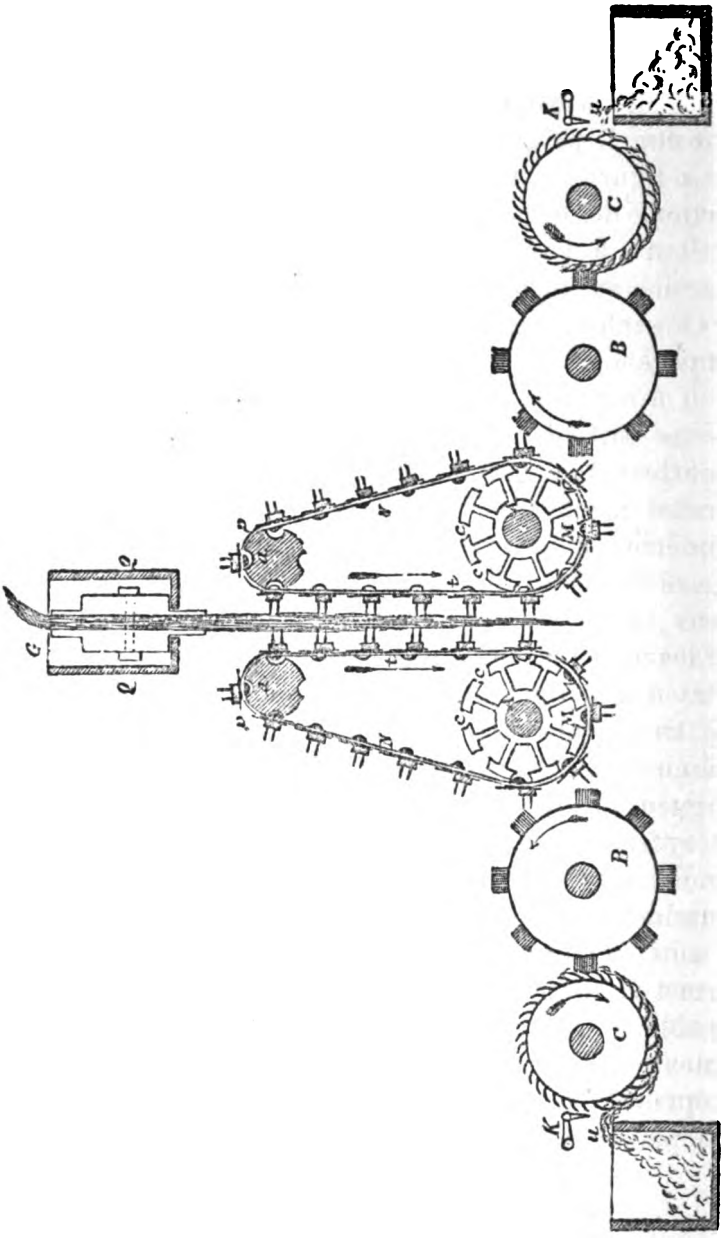
PEIGNAGE MÉCANIQUE.

Il existe plusieurs systèmes de machines à peigner le lin ; mais, dans le fond, toutes se ramènent au même principe. Il suffira donc de décrire l'une de ces machines, pour mettre le lecteur à même de comprendre les autres. Nous allons commencer par montrer de quelle manière s'effectue le peignage.

La figure de la page suivante représente une coupe verticale des organes principaux, faite par un plan perpendiculaire à l'axe de la machine. A A sont des arbres moteurs, sur lesquels sont calés des manchons en fonte M. Ces manchons sont évidés, comme le montre la figure, de manière à présenter des creux cylindriques *c c*, parallèlement à leur axe. Les manchons de la machine qui nous occupe portent huit creux sur leur pourtour. Au-dessus des arbres A A, et à une distance convenable, sont placés, parallèlement aux précédents, deux arbres *a a*, dont le diamètre est la moitié de celui des manchons M. En regard des manchons M, les arbres *a a* portent aussi des creux, mais en nombre moitié moindre, de sorte que, sur les manchons et sur les arbres *a a*, les développements entre deux creux consécutifs sont égaux. Un cuir sans fin, très-solide, N, aussi appelé manchon, est fixé sur le manchon M et sur l'arbre *a*, à l'instar d'une courroie. La longueur de ce cuir est un multiple exact du 1/8 de la circonférence du manchon M, ou, ce qui revient à la même chose, du 1/4 de la circonférence de l'arbre *a*. Les coussinets qui portent les arbres *a a* sont mobiles, dans le sens vertical, au moyen de vis de rappel, ce qui permet de donner aux manchons en cuir la tension convenable. Ces manchons en cuir sont partagés, en parties égales, au 1/8 de la circonférence du manchon M. A chaque division, le manchon en cuir porte, en-dehors, une plaque en métal *p*; en-dedans, une languette ou

Digitized by Google

taquet *t*, dont la section répond aux creux *c c*. La plaque et le taquet sont rendus solidaires, au moyen de vis traversant le cuir, qui se trouve ainsi fortement serré entre ces pièces. Les arbres A A portent trois, quatre, cinq. . .



Digitized by Google

paires de manchons, suivant le nombre de presses. Les presses sont, en général, au nombre de huit ou dix. Sur les plaques *p* sont fixées, au moyen de vis et par des saillies *p' p'* ménagées à leurs extrémités, des tringles en

fer armées de pointes et appelées peignes. Il y a donc, par paire de manchons, autant de ces tringles ou peignes qu'il y a de divisions dans les manchons en cuir. Les manchons M et les arbres *a a* sont disposés de façon qu'entre eux les cuirs soient verticaux et par conséquent parallèles. Quant aux peignes, les pointes de ceux d'un côté sont presque en contact avec celles des peignes opposés.

Un peu au-dessus des arbres *a a* est placé un appareil de monte-et-baisse G, appelé gouttière. Cet appareil se compose de deux bandes en fer Q Q, repliées à 90° à leur partie inférieure et laissant entre elles un intervalle destiné à recevoir les presses. Ces presses sont formées de deux plaques métalliques, garnies de caoutchouc à leur intérieur. Un boulon, fixé à l'une des plaques, traverse l'autre et reçoit un écrou qui permet de serrer fortement la presse, afin d'y maintenir un cordon de lin. Quant au mouvement de bas en haut et de haut en bas de la gouttière, il est produit, ainsi que le déplacement des presses, par un mécanisme que nous décrirons plus loin. Voyons, pour le moment, comment s'effectue le travail.

Les arbres A A sont animés d'un mouvement de rotation dans le sens indiqué par les flèches. Les taquets des cuirs sans fin s'engageant dans les creux des manchons, ceux-ci entraînent avec eux ces cuirs et, par suite, les peignes qui, intérieurement, sont ainsi animés d'un mouvement de translation de haut en bas. Les arbres *a a* tournent en vertu du mouvement qui leur est transmis par les taquets des cuirs. Lorsque la gouttière est au haut

Digitized by Google

de sa course, une presse, qui y a été introduite, est amenée, par un appareil *ad hoc*, en regard de la première partie des peignes. La gouttière descendant, le bout du cordon, d'abord, puis, peu à peu, tout le cordon se trouve engagé entre les peignes. Ceux-ci, en descendant, attaquent les fibres du lin, qu'ils fendent, divisent; entraînant avec eux les fibres courtes, qui n'ont pu résister et qui formeront des étoupes. La gouttière, arrivée au bas de sa course, reste stationnaire le temps nécessaire pour que l'action des premiers peignes soit suffisante. La gouttière remonte, alors, pour permettre à la presse d'avancer d'un rang, puis redescend, pour présenter le cordon de lin à l'action de peignes un peu plus fins, et ainsi de suite jusqu'à ce que la presse soit arrivée à l'autre extrémité de la machine, où elle en sort. La presse est alors ouverte pour recevoir le bout peigné, afin de permettre le peignage de l'autre bout, au moyen d'une machine identique, placée à côté de la première. Lorsque la machine est unique, les presses sont renvoyées, au moyen d'une gouttière spéciale, à leur point de départ.

Nous avons dit que les peignes entraînent avec eux les fibres courtes qui n'ont pu résister. Il est clair qu'il est nécessaire, pour empêcher les peignes de s'engorger, de leur enlever, au fur et à mesure, les étoupes qui se forment. Nous allons montrer l'une des dispositions adoptées à cet effet.

Un cylindre B, hérissé, sur son pourtour, de pinceaux en crins, de façon à former une brosse cylindrique, est placé parallèlement à l'arbre A. Ce cylindre tourne rapidement, dans le sens qu'il aurait s'il était commandé par les manchons M. Les crins de la brosse, pénétrant entre les pointes des peignes, et les dépassant de vitesse, leur enlèvent leurs étoupes, qu'ils viennent déposer sur un autre cylindre C, appelé carde ou *doffer*. Ce cylindre, relativement au cylindre B, tourne lentement, mais dans le sens qu'il aurait s'il était commandé par B. Il est armé,

Digitized by Google

sur son pourtour, de pointes inclinées, dirigées en sens inverse du mouvement. Il résulte de cette disposition, que les crins, courant après les pointes du doffer et les dépassant, ces pointes accrochent les étoupes, qu'elles retiennent et amènent en *u*, où elles sont dégagées et tombent dans des bacs. Ce dégagement a lieu au moyen d'une lame d'acier *k*, taillée en peigne, et qui, par un mouvement saccadé très-vif, vient battre contre les pointes du doffer et en détacher les étoupes.

Les cordons de lin, avant d'être soumis à la machine, subissent une opération préparatoire, l'émouchetage. Cette opération consiste à faire passer, préalablement, à la main, les deux bouts du cordon au travers d'un peigne très-gros, afin de rendre les fibres bien parallèles et retirer les plus grosses étoupes

A leur sortie de la machine, les cordons subissent une dernière opération, le repassage, qui a pour but de compléter le peignage, en raffinant encore les bouts du cordon et leur enlevant un peu d'étoupes, que la machine y laisse toujours. Le repassage se fait à la main, sur un ou plusieurs peignes, plus ou moins fins, suivant le degré de peignage à donner au lin. Le lin est ensuite mis en paquets, pour être transporté au magasin de lin peigné.

DISPOSITION DES ORGANES DU MOUVEMENT. — Nous donnons, page 175, une élévation de la machine, vue du côté de la commande; une élévation, vue du côté opposé, et, page 177, un croquis pour l'intelligence du mouvement des presses.

VUE DU CÔTÉ DE LA COMMANDE. — Une poulie P, de 50 centimètres de diamètre, et dont l'axe peut se déplacer, dans une coulisse que porte le bâti, reçoit son mouvement d'une transmission. Cette poulie porte un pignon A ou R, d'un nombre variable de dents (24 à 40). Le pignon A

Digitized by Google

transmet, par les intermédiaires B et G, le mouvement à la roue H, de 36 dents, calée sur l'arbre armé des galets qui font mouvoir les manchons en cuir, porte-peignes.

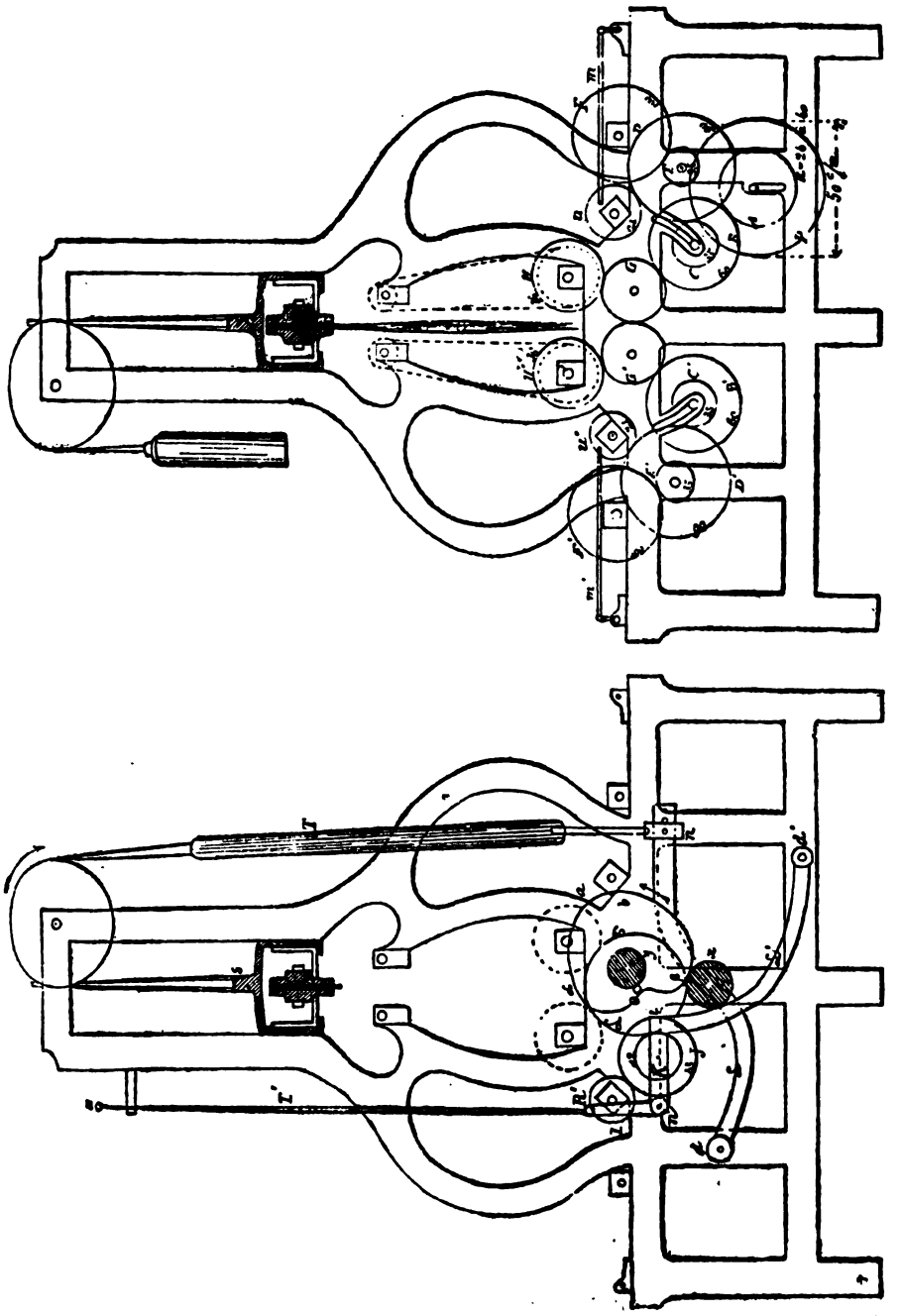
La roue B est mariée à un pignon C, de 35 dents, qui commande la roue D, de 90 dents. Celle-ci commande, directement, une roue *u*, de 21 dents, calée sur l'arbre des brosses. La face extérieure de la roue *u* porte un bouton articulé à la tige *m*, laquelle est articulée, à son autre extrémité, à une petite manivelle fixée à l'arbre qui porte le couteau. En tournant, et par l'intermédiaire de la bielle *m*, la roue *u* communique au couteau le mouvement alternatif qui détache les étoupes de la carde ou doffer.

Enfin, la roue D est mariée à un pignon E, de 35 dents, qui en commande un de 100, calé sur l'arbre du doffer.

Quant au mouvement des organes de gauche, il est aisé de voir, sur la figure, qu'il est identique à celui de droite. Le mouvement se transmet au moyen de l'intermédiaire G′, identique à l'intermédiaire G, qui le commande. Les roues, des deux côtés, ont les mêmes dimensions.

MOUVEMENT DE MONTE-ET-BAISSE DE LA GOUTTIÈRE. — CÔTÉ OPPOSÉ A LA COMMANDE.— L'arbre de l'une des brosses porte, à son autre extrémité, un pignon variable I ou R′ commandant une roue J de 55 dents; celle-ci est mariée à un pignon K de 12 dents qui commande une roue D de 60 dents. L'arbre de cette roue D porte un excentrique à cœur de la forme que montre la figure. Cet excentrique commande un galet *x* mobile autour d'un tourillon que porte un levier L tournant autour du point *d*. A l'autre extrémité *n* de ce levier est articulée une tige solide T. Cette tige porte à sa partie supérieure une courroie qui, après avoir passé sur la poulie π, va se fixer en *s* à la mâchoire porte-gouttière. Voyons maintenant comment s'effectue le mouvement de la gouttière.

Digitized by Google



Digitized by Google

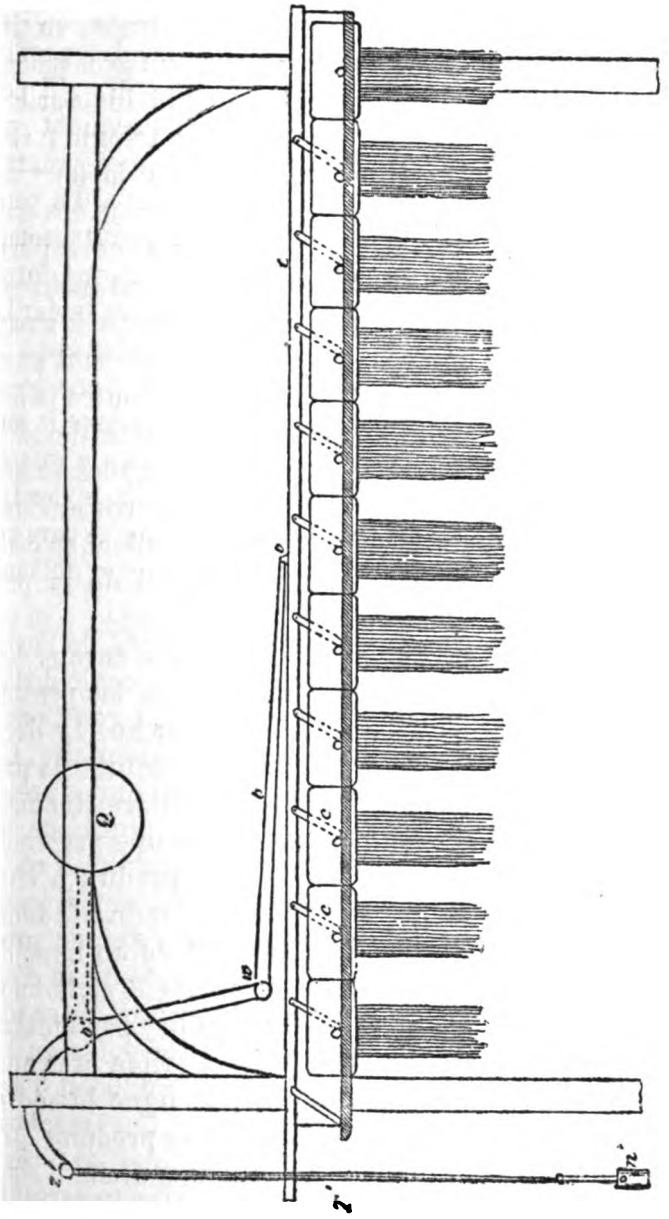
L'excentrique calé sur l'arbre O de la roue P, tourne dans le sens indiqué par la flèche. Nous l'avons représenté dans la position qu'il occupe au moment où la gouttière vient d'arriver au point le plus bas de sa course et où elle doit rester un moment stationnaire. Le profil de l'excentrique est tel qu'entre les points β et α, il cesse d'être en contact avec le galet *x*; par conséquent, pendant le mouvement de l'excentrique entre ces points, le levier L reste immobile ainsi que la gouttière. Le point α venant en contact avec le galet *x*, et les points compris entre α et *a* s'éloignant du centre *o*, l'excentrique force le galet à descendre et, par suite, fait tourner le levier L de haut en bas autour du point *d*. Le point *n* s'abaissant fait, au moyen de la tige T, tourner la poulie π dans le sens indiqué par la flèche. On voit qu'en conséquence la gouttière doit monter de la même quantité verticale que descend le point *n*. La position du point *n* sur le levier L est calculée de façon à ce qu'il décrive l'arc nécessaire pour produire la courbe que doit avoir la gouttière, suivant la longueur du lin que l'on travaille.

Depuis le point *a* jusqu'au point *b*, le profil de l'excentrique est circulaire, ayant tous ses points à égale distance du point *o*. Donc, pendant cet intervalle, la gouttière qui est arrivée au haut de sa course reste stationnaire. C'est pendant cet arrêt que se produit l'avancement des presses. A partir du point *b* jusqu'au point β, les points de l'excentrique se rapprochent du centre *o*. Le galet *x* et, par suite, le point *n* remontent donc, permettant ainsi à la gouttière d'effectuer sa descente en vertu de son propre poids. Arrivé en β, l'excentrique cesse de nouveau d'agir.

L'arbre qui porte la poulie π en porte une autre identique du côté de la commande. Le contre-poids qu'on y voit a pour but de maintenir la courroie tendue et d'équilibrer un peu le poids de la gouttière. Les mâchoires porte-gouttière sont guidées latéralement par les faces du bâti faisant glissières, ainsi que par une tige traversant la partie supérieure du bâti.

Digitized by Google

MOUVEMENT DES PRESSES. — L'excentrique en cœur porte un galet y. Au moment où le point a arrive au contact avec le galet x, c'est-à-dire quand la gouttière est arrivée



au haut de sa course, le galet y vient butter contre un levier L′, mobile autour du point d', et force son extrémité n' à s'abaisser. Au moyen d'un tirant T′, le point n' fait tourner autour du point o' (page 177) un levier à triple bras. L'extrémité du premier bras est articulée au tirant T′; le second bras porte à son extrémité un gros poids Q; enfin le troisième bras est articulé à une bieille b articulée elle-même par son autre extrémité à une tringle t. Celle-ci peut se mouvoir longitudinalement sur la face supérieure de l'une des parois de la gouttière où des guides la maintiennent. Elle porte autant de crochets c plus un qu'il y a de presses (ici 11). Ces crochets sont mobiles autour de leur extrémité supérieure de droite à gauche, mais non pas dans l'autre sens. Au repos, ils sont en contact avec les écrous des presses comme le montre la figure et reposent sur la partie inférieure de la gouttière. Supposons qu'on fasse avancer la tringle t de gauche à droite d'une quantité égale à la longueur d'une presse. Chaque crochet s'avancera de la même quantité, allant se placer, après avoir glissé dessus, derrière l'écrou de la presse suivante. Si maintenant on ramène la tringle t à sa position primitive, les crochets, au moyen des écrous contre lesquels ils buttent, entraîneront avec eux les presses et les feront avancer d'un rang vers la gauche. Le dernier crochet de droite fera entrer dans la machine la presse introduite à l'extrémité droite de la gouttière, tandis que le premier crochet de gauche fera sortir une presse de la machine. Or, c'est là le résultat que produit à chaque monte-et-baisse la disposition que nous venons de décrire.

En effet, quand la gouttière est arrivée au haut de sa course, et pendant qu'elle reste un moment stationnaire, le galet y faisant fléchir le levier L′, fait, par l'intermédiaire du tirant T′, basculer le levier à triple bras autour du point o'. Le point u se relevant, la ligne brisée $o'uv$ tend à devenir droite, ce qui ne peut se produire qu'autant que le point v se déplace de gauche à droite. Le galet

Digitized by Google

y cessant d'agir sur le levier L′, le poids Q ramène tout le système dans la position primitive, faisant ainsi avancer toutes les presses d'un rang vers la gauche, et cela à chaque tour de l'excentrique. Les choses sont disposées de façon que le mouvement des presses se produise en entier pendant que le galet x est en contact avec l'excentrique du point a au point b, c'est-à-dire pendant le temps que la gouttière reste stationnaire au haut de sa course.

La portion de l'excentrique qui correspond à la montée est $\alpha\, a$; celle qui correspond à la descente est $b\,\beta$; on voit que celle-ci est plus étendue que la première et que, par conséquent, la descente doit durer plus longtemps que la montée. Cette disposition est logique. En effet, pendant la montée les cordons ayant subi, pour chaque position, le degré de peignage voulu, les peignes n'agissent plus que légèrement sur leurs fibres; il n'y a donc aucun inconvénient à les faire passer vite. Il n'en est pas de même à la descente, où les cordons sont attaqués par des peignes plus fins et subissent une nouvelle division de leurs fibres : il est donc bon alors que le mouvement soit plus lent.

CALCUL DES VITESSES (*).

VITESSE DES GALETS. — Nous désignons par N la vitesse de la transmission, par D le diamètre de sa poulie, et par P celui de la poulie de la machine. La poulie P a ainsi pour vitesse $\frac{N\,D}{P}$. Cette poulie porte un pignon variable R commandant les roues H et H′ au moyen des intermédiaires B, G et G′. La vitesse de la roue H est donc celle de la poulie multipliée par le rapport $\frac{R}{H} = \frac{R}{36}$, soit

$$V_{galets} = \frac{N\,D\,R}{P \times 36}. \qquad (1)$$

(*) Pour l'intelligence des calculs qui vont suivre, voir page 192 et suivantes, les notions sur la transmission du mouvement.

Digitized by Google

COUPS DE PEIGNE PAR MINUTE. — Les manchons en fonte portant 8 galets, il passe donc à chaque tour de la roue H 8 peignes. Le nombre de coups de peigne par minute est donc

$$N_{coups} = \frac{N D R \times 8}{P \times 36}. \qquad (2)$$

DÉVELOPPEMENT DES PEIGNES. — Le développement des peignes est égal à la vitesse de translation des cuirs qui les portent; or, la vitesse de translation des cuirs est celle de leur ligne médiane. Il faut donc, pour avoir ce développement, chercher celui d'un point de la circonférence qui a pour diamètre le diamètre des galets augmenté de deux fois la demi-épaisseur des cuirs. Les manchons ou galets en fonte ont 160 millim. de diamètre; l'épaisseur des cuirs est d'environ 6 millim. Le développement des peignes est donc celui de la circonférence π (0,160 + 0,006) = π 0,166, multipliée par la vitesse des galets, soit :

$$d_{peignes} = \frac{N D R \times \pi \times 0{,}166}{P \times 36}. \qquad (3)$$

VITESSE DES BROSSES. — C'est celle de la poulie P multipliée par les rapports $\frac{A}{B} = \frac{R}{60}$; $\frac{c}{u} = \frac{35}{21}$ (D jouant le rôle d'intermédiaire). On a donc :

$$V_{brosses} = \frac{N D R \times 35}{P \times 60 \times 21} = \frac{N D R}{P \times 36}. \qquad (4)$$

On voit que cette vitesse est la même que celle des peignes. Or, le cylindre des brosses porte autant de rangées de crins que les manchons en fonte ont de galets, c'est-à-dire 8. Il en résulte qu'à chaque peigne qui passe, une rangée de crins passe aussi pour le nettoyer en lui enlevant ses étoupes.

Digitized by Google

DÉVELOPPEMENT DES BROSSES. — Le cylindre des brosses a 240 millim. de diamètre ; les crins ont de 36 à 40 millim. de longueur La circonférence vers l'extrémité des crins a donc pour diamètre environ $240 + 2 \times 36 = 312$ millim. Par conséquent, on aura le développement des brosses en multipliant leur vitesse par la circonférence $\pi \times 0{,}312$, ce qui donne

$$d_{\text{brosses}} = \frac{\text{N D R } \pi \times 0{,}312}{\text{P} \times 36}. \qquad (5)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DES BROSSES A CELUI DES PEIGNES. — Il suffit de diviser la formule (5) par la formule (3), ce qui donne

$$k = \frac{312}{166} > 1. \qquad (6)$$

On voit que ce rapport est plus grand que 1, ce qui signifie que les brosses, quoique faisant le même nombre de tours que les peignes, ont à leur circonférence une vitesse supérieure. Cela est nécessaire pour que les crins puissent traverser les peignes et conséquemment en dégager les étoupes qu'ils portent.

VITESSE DES CARDES OU DOFFERS. — C'est celle de la poulie multipliée par les rapports $\frac{\text{R}}{60}$, $\frac{35}{90}$, $\frac{35}{100}$, soit

$$\text{V}_{\text{doff.}} = \frac{\text{N D R} \times 35 \times 35}{\text{P} \times 60 \times 90 \times 100}. \qquad (7)$$

DÉVELOPPEMENT DES DOFFERS. — Le cylindre des doffers a 197 millim. de diamètre; l'épaisseur de la garniture (cuir et pointes) est d'environ 10 millim. Le diamètre au développement est donc de 217 millim.; conséquemment le développement des doffers est

$$d_{\text{doff.}} = \frac{\text{N D R} \times 35^2 \times \pi \times 0{,}217}{\text{P} \times 60 \times 90 \times 100}. \qquad (8)$$

Digitized by Google

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DES BROSSES A CELUI DES DOFFERS. — Il suffit de diviser la formule (5) par la formule (8), ce qui donne, toute réduction faite,

$$k' = \frac{312 \times 30 \times 100}{35 \times 7 \times 217} = 17{,}6. \qquad (9)$$

Ainsi, la vitesse des doffers est environ 17 fois et 1 2 moindre que la vitesse à la circonférence des brosses. Par la disposition des choses, les crins courent après les pointes des peignes, et comme ils les dépassent avec une vitesse relativement grande, il est clair qu'ils doivent leur céder leurs étoupes.

VITESSE DES COUTEAUX ET DÉVELOPPEMENT DES DOFFERS PAR COUP. — Il y a, par minute, autant de coups de couteau que la roue u fait de tours, soit :

$$\frac{N\,D\,R}{P \times 36} \text{ coups.} \qquad (10)$$

Si on divise par ce nombre le développement du doffer, on obtient le développement qui correspond à chaque coup de couteau, soit, toute réduction faite,

$$\frac{21 \times 35 \times \pi \times 0{,}217}{90 \times 100} = 0^{m},05567. \qquad (11)$$

Ainsi, les couteaux frappent un coup pendant que les doffers décrivent un développement de 0,0556 y.

VITESSE DE L'EXCENTRIQUE A CŒUR. — C'est celle $\frac{N\,D\,R}{P \times 36}$ de la brosse multipliée par les rapports $\frac{R'}{55}$, $\frac{12}{60}$, soit :

$$V_{exc.} = \frac{N\,D\,R\,R' \times 12}{P \times 36 \times 55 \times 60}. \qquad (13)$$

NOMBRE DE PRESSES PAR MINUTE. — Il en passe une à chaque révolution de l'excentrique ; mais chaque passage

Digitized by Google

ne peigne qu'un bout. Le nombre de cordons peignés en une minute, par une seule machine, est donc la moitié du nombre précédent, soit, en simplifiant,

$$\frac{N\,D\,R\,R'}{P \times 36 \times 55 \times 10} \text{ cordons.} \qquad (14)$$

PRODUCTION DE LA MACHINE. — Le travail ne nécessite aucun arrêt de la machine; il ne peut donc y avoir que des arrêts accidentels : nous les négligeons. Supposons la journée de 12 heures, c'est-à-dire de 12×60 minutes. Le nombre de cordons peignés par jour sera

$$\frac{N\,D\,R\,R' \times 12 \times 60}{P \times 36 \times 55 \times 10}. \qquad (15)$$

Si on désigne par x le poids du cordon brut, le poids en lin brut que peigne journellement la machine sera

$$P_{brut} = \frac{N\,D\,R\,R' \times 12 \times 60}{P \times 36 \times 55 \times 10}\, x. \qquad (16)$$

soit A le rendement pour $^0/_0$ du lin travaillé ; la production en lin peigné sera donnée par la formule

$$P_{peigné} = \frac{N\,D\,R\,R' \times 12 \times 60}{P \times 36 \times 55 \times 10} \times \frac{A\,x}{100}. \qquad (17)$$

On doublera ces poids si on travaille avec des machines jumelles.

DURÉE DE STATIONNEMENT DE LA GOUTTIÈRE A LA PARTIE INFÉRIEURE DE SA COURSE. — Joignons au point de centre o les points α et β entre lesquels l'excentrique cesse d'agir sur le galet x, et soit φ le nombre de degrés de l'angle $\alpha o \beta$. La durée de stationnement de la gouttière sera celle que met l'excentrique à faire une révolution, multipliée par $\frac{\varphi}{360}$. Or, nous avons trouvé que la vitesse de l'excentrique est (13)

$$\frac{N\,D\,R\,R' \times 12}{P \times 36 \times 55 \times 60}.$$

Digitized by Google

C'est là le nombre de tours qu'il fait par minute; en renversant cette expression, nous avons la durée d'un tour, soit :

$$\frac{P \times 36 \times 55 \times 60}{N\,D\,R\,R' \times 12}, \qquad (18)$$

et en multipliant par $\frac{\varphi}{360}$, celle du stationnement de la gouttière.

$$\text{Durée st.} = \frac{P \times 36 \times 55 \times 60}{N\,D\,R\,R' \times 12} \times \frac{\varphi}{360}. \qquad (19)$$

COUPS DE PEIGNE PENDANT LE STATIONNEMENT. — Il suffit de multiplier la durée du stationnement, qui est exprimée en minutes, par le nombre (2) de coups de peigne à la minute. Nous obtenons ainsi, toute réduction faite,

$$\frac{55 \times 60 \times 8}{12 \times R'} \times \frac{\varphi}{360}. \qquad (19)$$

Si on voulait avoir les durées correspondantes à la montée, au stationnement à la partie supérieure et à la descente, il faudrait multiplier le terme (18) par les rapports des angles $\alpha o a$, $a o b$, $b o \beta$ à l'angle de 360°.

LIN COUPÉ. — Nous venons de parler du lin qui se travaille dans toute sa longueur. Mais il arrive fréquemment que quand le lin est très long on le coupe en deux et même en trois bouts. La matière se travaille alors plus facilement et le rendement au peignage est notablement plus grand. Cela se conçoit. Si on peigne un cordon, par exemple d'un mètre de longueur, le peignage s'effectuant en deux fois, chaque fois sur un bout d'un peu plus de la moitié, les fibres qui ont moins de longueur que cette moitié n'étant pas retenues par la main ou la presse, sont retenues par les peignes et une grande partie passe

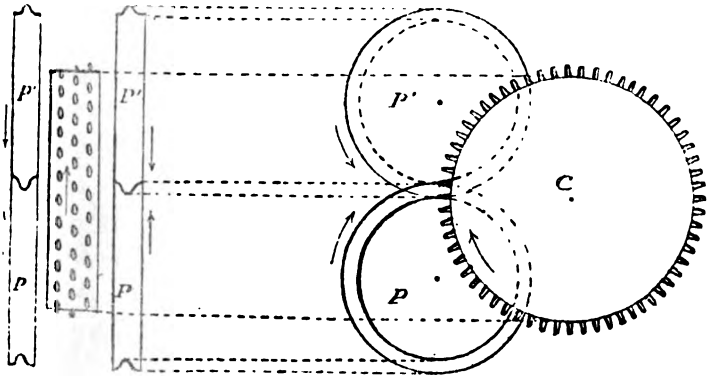
Digitized by Google

dans les étoupes. Si, au contraire, le lin est coupé, les fibres courtes sont mieux retenues, se peignent et augmentent d'autant le rendement.

Quand on coupe le lin en trois, on se propose encore un autre résultat, celui de séparer le cœur d'avec les pieds et les pointes. Avec le cœur on fait des fils supérieurs; avec les pieds et les pointes deux autres qualités de fil. On sait que du côté des pieds les fibres sont toujours plus plates, plus rugueuses et moins faciles à raffiner. Du côté de la tête il y a souvent beaucoup de petits boutons dus aux petites branches et ramifications du lin à cette partie Ces boutons, pour certaines qualités de lin, sont souvent très-difficiles à enlever, même avec des peignes très-fins. Quand ils restent dans le lin, ils ont pour effet de produire un fil boutonneux.

Quoi qu'il en soit, le lin doit être coupé de façon que les deux sections ne soient pas unies comme l'est, par exemple, une brosse. La machine ou coupeuse employée à cet effet est des plus simples. Nous allons en donner une description sommaire.

COUPEUSE. — Une roue ou tambour C porte sur son pourtour deux ou trois rangées de dents cylindriques



très-solides et de section ovale. Ce tambour tourne avec une grande rapidité: de chaque côté du tambour se trouve

Digitized by Google

une paire de plateaux P,P′, l'un à gorge, l'autre à languette de même forme. Le plateau inférieur tourne lentement autour d'une ligne fixe; le plateau supérieur, commandé par l'autre, agit par pression et peut se soulever de façon à permettre à un cordon de lin de passer entre les deux plateaux. Pour couper le lin l'ouvrier saisit un cordon entre les deux mains, laissant entre elles une longueur un peu supérieure à la distance des faces extérieures des plateaux ; il applique le cordon sur les plateaux inférieurs en l'arcboutant au moyen des mains qu'il tient fortement appuyées contre les faces des plateaux. Ceux-ci en tournant conduisent le cordon en regard du tambour dont les dents, disposées en hélices, viennent attaquer successivement les fibres et les briser, de façon à déterminer, pour le cordon, une section tout-à-fait irrégulière analogue à celle du côté du pied. Souvent les coupeuses sont doubles, c'est-à-dire ont quatre paires de plateaux, permettant ainsi de couper de deux côtés.

PRÉPARATIONS.

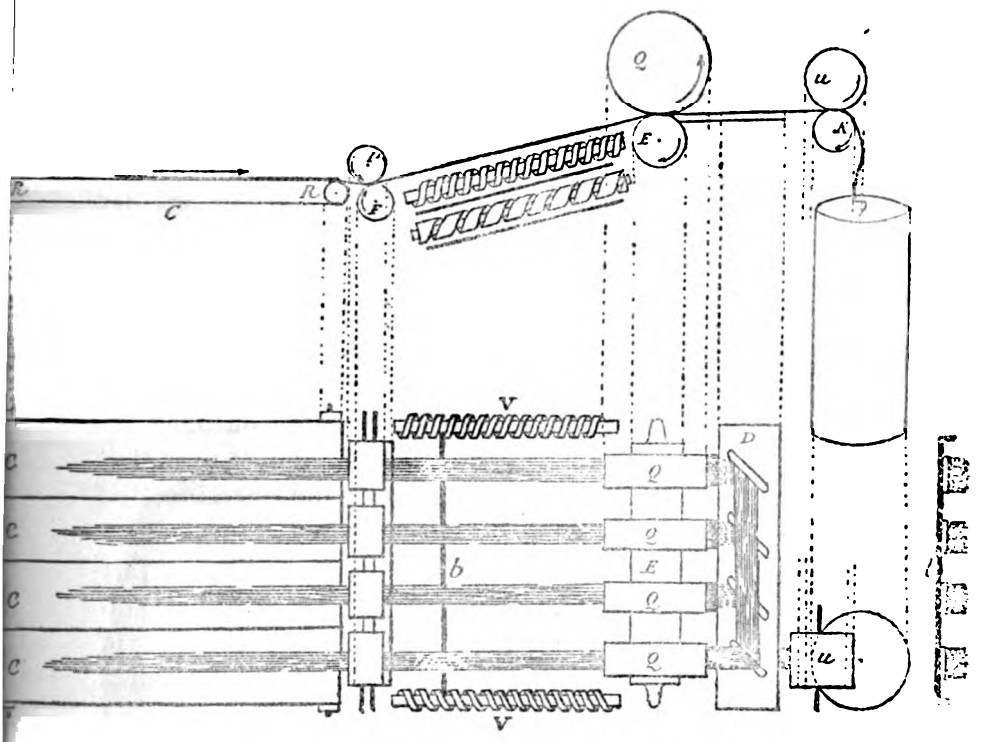
Pour préparer le lin avant de le soumettre au filage on emploie les machines suivantes:

L'étaleuse ;
Les étirages ou doubleuses ;
Le banc-à-broches.

THÉORIE DE L'ÉTALEUSE. — L'étaleuse est la machine qui a pour but de transformer en un ruban continu les cordons de lin provenant du peignage. Pour bien faire

Digitized by Google

comprendre le fonctionnement de la machine nous donnons en croquis une élévation et un plan des organes principaux.



C est un cuir sans fin mû par les rouleaux R R dans le sens indiqué par des flèches. Les cordons de lin sont étalés sur ce cuir, les uns en partie sur les autres de manière à former un cordon continu et aussi régulier que possible. Ce cordon est entraîné par le cuir sans fin vers la machine où il s'engage d'abord entre une paire de rouleaux F et P. Le rouleau F qui commande le rouleau P, tourne autour d'une ligne fixe ; le rouleau P agit par son poids sur le rouleau F, obéissant ainsi, en se soulevant ou en s'abaissant tant soit peu, aux irrégularités de grosseur du ruban de lin. Au sortir de cette paire de rouleaux,

Digitized by Google

le ruban se trouve engagé dans des peignes ou gills que portent des barrettes B et qui viennent piquer normalement le ruban. Ces barrettes sont animées d'un mouvement de translation de gauche à droite dû à la rotation de vis sans fin entre les filets desquelles viennent se placer les extrémités ou têtes des barrettes. Ces extrémités sont taillées obliquement sous un angle égal à celui que fait la tangente à l'hélice avec l'axe de la vis. De cette façon les pointes des peignes restent normales à la direction du ruban. A l'extrémité droite des vis, des cames calées sur celles-ci saisissent les barrettes et les font tomber entre les filets d'une seconde paire de vis placées au-dessous des premières et qui, tournant en sens inverse les ramènent à l'autre extrémité. Là des cames calées sur les vis inférieures saisissent de nouveau les barrettes, les soulèvent et les placent de nouveau entre les vis supérieures, tout en forçant les peignes à percer les rubans. La même chose se reproduit ainsi indéfiniment pour chacune des barrettes.

Il est clair que quand la vis a fait un tour, elle a fait avancer chaque barrette d'un pas. Or, il y a autant de barrettes qu'il y a de pas à la vis : à chaque tour des vis il tombe donc une barrette et il en monte une. Connaissant la vitesse des vis et la longueur du pas il sera donc facile de calculer la vitesse des barrettes.

Quand les barrettes sont engagées entre les vis inférieures elles ne travaillent pas ; il n'y a donc aucun inconvénient à les faire marcher plus vite. Aussi profite-t-on de cette circonstance pour doubler ou tripler le pas des vis inférieures. Cela permet ainsi de n'avoir à engager entre les vis inférieures que la moitié ou le tiers du nombre des barrettes engagées entre les vis supérieures.

Les barrettes ont pour objet de maintenir le cordon, de le conduire en l'empêchant de se rompre et de s'irrégulariser ; elles l'amènent ainsi entre une seconde paire de rouleaux E et Q. Le cylindre E, tout d'une pièce, est

Digitized by Google

l'étireur; il tourne autour d'une ligne ou axe fixe. Les rouleaux de pression Q, solidaires deux à deux, agissent sur le cylindre E par pression, obéissant comme le rouleau P aux différences de grosseur du cordon. Ces rouleaux Q sont ordinairement en bois.

Le développement d'un point de l'étireur E est supérieur à celui d'un point du fournisseur F; en d'autres termes, un point de l'étireur décrit dans l'unité de temps un chemin plus grand que celui décrit par un point du fournisseur: le rapport de ces chemins constitue ce que l'on appelle l'étirage ou le laminage de la machine. Par exemple si, quand un point du fournisseur parcourt un mètre, un point de l'étireur en parcourt vingt, l'étirage sera de vingt. Cela signifie qu'un mètre de cordon passant au fournisseur sortira à l'étireur avec une longueur de vingt mètres.

En sortant de l'étireur le ruban vient passer à travers une plaque à doubler D, portant des ouvertures à 45°. Il y a autant d'ouvertures qu'il y a de rubans ou de cuirs, tantôt 4, tantôt 6. Tous ces rubans viennent se réunir en un seul à la dernière ouverture. Là ils vont s'engager entre une dernière paire de cylindres R et *u* analogues aux précédents. Le rouleau R est le réunisseur ou délivreur; son développement est légèrement supérieur à celui de l'étireur, afin qu'il y ait un peu de tension au ruban qui, en sortant de cette dernière paire de rouleaux tombe dans un pot en tôle ou en fer blanc. Quand la longueur du ruban est suffisante, un appareil dont nous parlerons plus loin, fait mouvoir une sonnette qui avertit ainsi l'ouvrière de changer le pot. Lorsque le travail s'est effectué dans de bonnes conditions, tous les pots doivent, pour un même numéro, avoir le même poids.

Le rouleau de pression qui agit sur le délivreur est en fonte; son diamètre est supérieur à celui du délivreur sur lequel il agit par son poids; et ce poids est assez grand pour déterminer sur le ruban une pression suffisante. Il

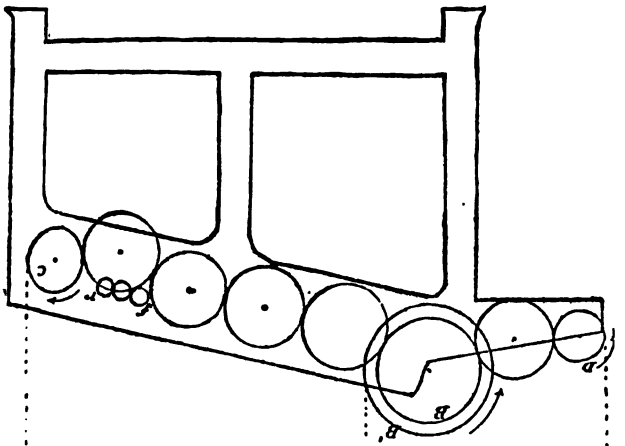
Digitized by Google

n'en est pas de même des rouleaux en bois qui agissent sur l'étireur : le poids de ceux-ci étant trop faible pour déterminer une pression convenable, on y supplée par l'adjonction de poids qui, au moyen d'un levier ou romaine, viennent exercer leur effet sur l'axe auquel sont fixés, deux à deux, les rouleaux en bois.

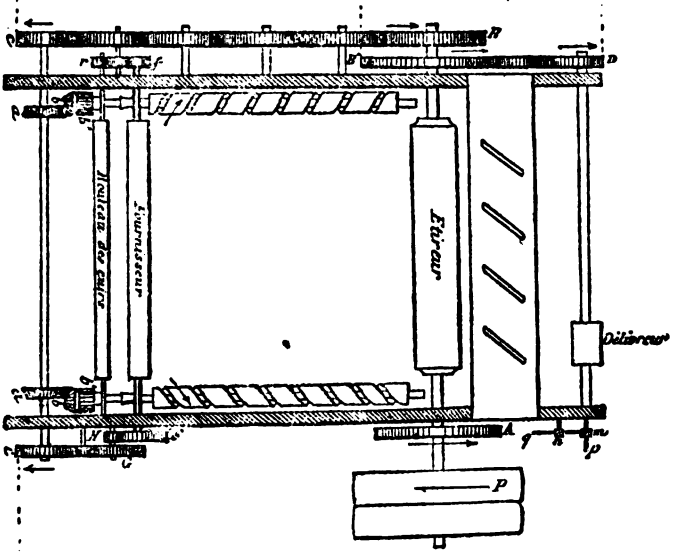
DISPOSITION DES ORGANES DU MOUVEMENT. — (Fig. suiv.) L'étaleuse reçoit son mouvement d'une transmission au moyen de la poulie P. L'arbre de la poulie porte une roue dentée R, appelée pignon de rechange. Ce pignon commande la roue A calée sur l'axe de l'étireur. Le mouvement a lieu dans le sens indiqué par des flèches (voir page suivante). L'axe de l'étireur porte à son autre extrémité deux roues mariées B et B′. La roue B′ commande, au moyen d'un intermédiaire, la roue D calée sur l'axe du délivreur. La roue B commande, au moyen de quatre intermédiaires, la roue C calée sur l'arbre de commande des vis. Cette roue B est aussi un pignon de rechange appelé pignon de laminage. L'arbre de commande des vis porte deux pignons coniques *a, a* qui, engrenant avec deux pignons *b, b′* calés sur les vis inférieures, font mouvoir celles-ci. Ces vis portent en outre deux pignons ordinaires qui transmettent le mouvement aux vis supérieures. Du côté de la poulie, l'arbre de commande des vis porte un pignon C′ qui, par intermédiaires, va donner le mouvement à la roue F, calée sur le fournisseur. Enfin celui-ci porte à son autre extrémité un petit pignon *f*, lequel au moyen d'un intermédiaire fait mouvoir le rouleau qui commande les cuirs sans fin. Les flèches montrent suffisamment le sens des divers mouvements (*).

(*) La roue *c* est calée sur l'arbre de commande des vis au moyen d'un écrou de sûreté. Cet écrou se visse en sens contraire du mouvement de la roue *c*. Lorsque, par suite d'une cause quelconque, la roue *c* a à vaincre un effort anormal, cette roue, par sa pression contre l'écrou, dévisse celui-ci et devient libre autour de l'arbre qui la porte, prévenant ainsi une râfle de dents d'engrenages ou de peignes des barrettes.

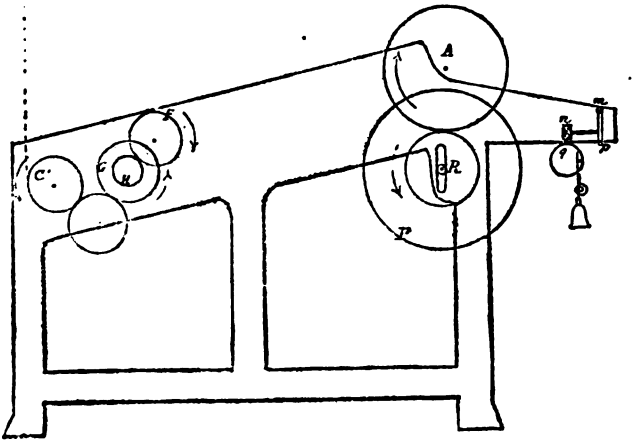
Digitized by Google



Vue côté opposé à la poulie



Vue côté de la poulie



Digitized by Google

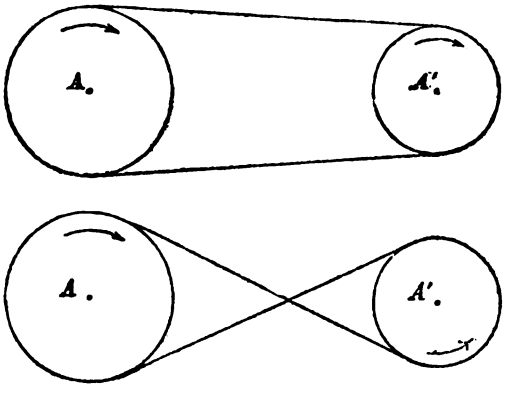
MOUVEMENT DE SONNETTE. — L'arbre du délivreur porte à son extrémité, du côté de la poulie, un filet de vis qui équivaut à une roue d'une dent. Ce filet fait tourner une roue p. L'axe de la roue p porte à son tour un filet de vis qui commande une roue q Un taquet placé perpendiculairement à cette roue vient presser contre un ressort portant une sonnette. Quand le taquet s'échappe, le ressort met en branle la sonnette qui avertit que le ruban a la longueur voulue.

CALCUL DES VITESSES.— Avant de passer au calcul effectif des vitesses de la machine, nous croyons utile de donner quelques développements sur les modes de transmission de mouvement.

La transmission du mouvement peut se faire de différentes manières ; le plus généralement elle se fait au moyen de poulies avec courroies, ou au moyen d'engrenages. Nous nous bornerons pour le moment à ces deux modes de transmission, quitte à expliquer les autres s'ils se présentent sur notre chemin.

TRANSMISSION PAR COURROIES. — Soient A une poulie placée sur une transmission, A′ une poulie placée sur un métier. Il y a à considérer :

1° Le sens du mouvement;
2° la vitesse transmise.



1° SENS DU MOUVEMENT. — Lorsqu'il s'agit de transmettre le mouvement dans le même sens on emploie une courroie directe comme le montre la première figure : on voit aisément qu'alors les deux poulies doivent nécessairement tourner dans même sens. Lorsqu'il s'agit de renverser le

Digitized by Google

sens du mouvement, il suffit de croiser la courroie comme le montre la deuxième figure. Ces effets sont trop simples pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter.

2° VITESSE TRANSMISE. — Lorsqu'une poulie a fait un tour, il est clair qu'elle a fait développer à un point de la courroie un chemin égal à la longueur de sa circonférence. Réciproquement le chemin qu'une courroie fait parcourir à un point d'une poulie est égal à celui parcouru pendant le même temps par un de ses points. Il est bien entendu que nous raisonnons dans l'hypothèse où il ne se produit pas de glissements. Il résulte de ce qui précède que les vitesses de deux poulies, c'est-à-dire les nombres de tours qu'elles font dans le même temps, sont en raison inverse de leurs circonférences, ou ce qui revient au même, de leurs diamètres ou de leurs rayons.

Soient donc D le diamètre de la poulie qui commande et N sa vitesse ; D′ celui de la poulie commandée et N′ sa vitesse. On aura :

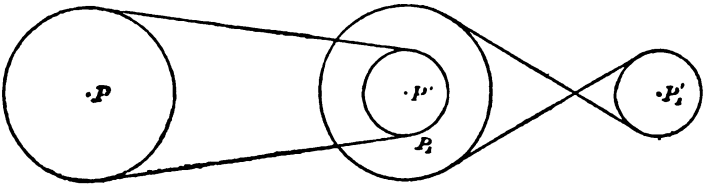
$$\frac{D}{D'} = \frac{N'}{N}$$

d'où

$$N' = N \frac{D}{D'}.$$

Ainsi la vitesse de la poulie commandée est égale à celle de la poulie de commande, multipliée par le rapport de leurs diamètres.

Soit maintenant une série de poulies P, P′ ; P_1, P_1' ;



N étant la vitesse de la poulie P et N′ celle de la poulie

P'_1. En désignant par D, D′ ; D_1, D_1' les diamètres de ces poulies, nous aurons pour la vitesse de la poulie P′ :

$$N\frac{D}{D'}$$

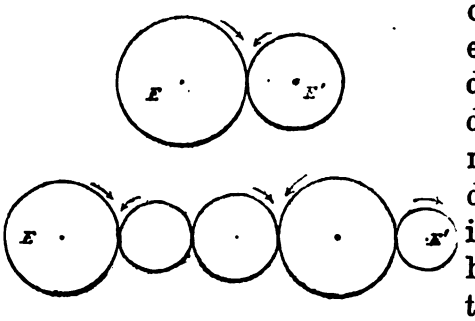
et pour celle N′ de la poulie P_1' :

$$N' = N\frac{D}{D'} \times \frac{D_1}{D'_1}.$$

Ce résultat nous montre que quand on transmet un mouvement au moyen d'une série de poulies, il faut, pour avoir la vitesse de la dernière, multiplier celle de la première par le produit des diamètres des poulies qui commandent, et diviser par le produit des diamètres des poulies commandées. C'est là une règle qu'il est indispensable de retenir.

TRANSMISSION PAR ENGRENAGES. — Les engrenages sont, comme on le sait, des roues armées de dents séparées par des intervalles tels que les dents de l'une des roues peuvent pénétrer entre les dents de l'autre. Il en résulte que si deux roues engrènent, l'une ne peut tourner sans que l'autre ne tourne aussi.

SENS DU MOUVEMENT. — Il est visible que quand deux roues engrènent directement, les mouvements ou rotations se font en sens contraires. Si entre deux engrenages E, E′ on place des engrenages intermédiaires, on voit encore aisément que E et E′ tourneront dans le même sens si les intermédiaires sont en nombre impair, et en sens contraire, s'ils sont en nombre pair.



Digitized by Google

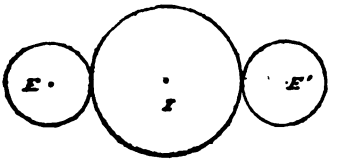
VITESSE TRANSMISE. — Soient N le nombre de tours de la roue E, n le nombre de ses dents ; N′ la vitesse de la roue E′ et n' le nombre de ses dents (1re fig.). Supposons pour fixer les idées que la roue E ait trois fois autant de dents que la roue E′. Une dent de la roue E ne fait passer qu'une dent de la roue E′ ; quand toutes les dents de la roue E auront passé, chaque dent de la roue E′ aura passé trois fois : en d'autres termes, quand la roue E aura fait un tour, E′ en aura fait trois. Donc ici, comme pour les poulies, les vitesses de deux roues qui engrènent sont en raison inverse de leurs nombres de dents :

$$\frac{N}{N'} = \frac{n'}{n},$$

d'où

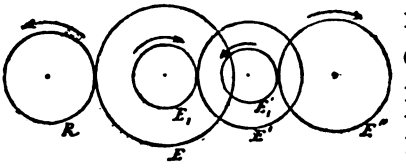
$$N' = N\,\frac{n}{n'}.$$

Considérons deux roues E, E′ d'un même nombre de dents entre lesquelles on ait placé une roue intermédiaire I d'un nombre triple de dents. Lorsque la roue E fera un tour elle transmettra à la roue I un tiers de tour ; mais lorsque celle-ci fait un tiers de tour, elle transmet un tour à la roue E′. Donc, quel que soit le nombre de dents de l'intermédiaire I, la roue E′ fera autant de tours que la roue E. Il en sera de même si au lieu d'un intermédiaire on en place plusieurs. Donc quand entre deux roues extrêmes on place autant d'intermédiaires qu'on veut, la transmission se fait comme s'il n'y avait pas d'intermédiaire, sauf le sens. Aussi dans le calcul des vitesses faut-il faire abstraction des intermédiaires.



ROUES MARIÉES. — On appelle ainsi deux roues calées sur un même arbre, tournant par conséquent dans le même sens, mais ayant un nombre différent de dents.

Digitized by Google



Considérons une série de roues mariées E, E_1 ; E′, E_1' ; devant transmettre le mouvement à la roue E″. Soient N, N′, N″ les vitesses des roues E, E′, E″ ; n, n', n'' leurs nombres de dents ; n_1, n_1' les nombres de dents des roues E_1, E_1' lesquelles ont mêmes vitesses que les roues E, E′ ; enfin V la vitesse de la roue R de commande et T le nombre de ses dents. La vitesse de la roue E et par suite celle de la roue E_1 sera :

$$N = V\frac{T}{n}.$$

on aura pour celle des roues E′ et E_1 :

$$N' = N\frac{n_1}{n'} = V\frac{T}{n}\times\frac{n_1}{n'},$$

et enfin pour celle de la roue E″ :

$$N'' = N'\frac{n_1'}{n''} = V\frac{T}{n}\times\frac{n_1}{n'}\times\frac{n_1'}{n''}.$$

Or T, n_1, n_1' sont les nombres de dents des roues R, E, E′ qui commandent ; n, n', n'' les nombres de dents des roues commandées. Donc dans une transmission par série d'engrenages on a la vitesse de la dernière roue en multipliant celle de la première par le produit des nombres de dents des roues qui commandent et divisant par le produit des nombres de dents des roues commandées. C'est encore là une règle qu'il est indispensable de retenir. Elle s'applique aussi bien aux roues d'angles (coniques) qu'aux autres.

DIMENSIONS DES ORGANES D'UNE ÉTALEUSE. — Ces dimensions n'ont rien d'absolu ; elles peuvent varier d'une étaleuse à l'autre. Pour fixer les idées, nous donnerons

Digitized by Google

celles que nous avons prises sur une étaleuse ordinaire, à quatre cuirs, pour lin long.

Diamètre de la poulie	20 pouces (anglais).	
Pignon de rechange R	= 32 - 36 - 42 dents.	
Roue A	= 120	»
» B	= 64 - 65	»
» C	= 72	»
» C′	= 18	»
» G	= 60	»
» H	= 23	»
» F	= 60	»
» *f*	= 23	»
» *r*	= 21	»
» *a*	= 30	»
» *b*	= 20	»
» D	= 47	»
Diamètre de l'étireur	= 6 pouces.	
» du fournisseur	= 3	»
» du délivreur	= 3 1/2	»
Longueur des vis (supérieures) .	= 32	»
Pas de vis	= 3/4	»
Écartement des cylindres . . .	= 37 1/2	»
Diamètre du rouleau des cuirs .	= 2 1/2	»

Pour le mouvement de sonnette :

m = 1 dent ; n = 1 dent.
p = 28 » q = 51 »

CALCUL DES VITESSES. — Nous désignerons par N le nombre de tours que fait la transmission en une minute ; par D le diamètre de sa poulie qui commande le métier. Pour éviter des redites, nous ne ferons qu'exprimer les résultats en appliquant les règles précédemment établies.

Digitized by Google

VITESSE DE L'ÉTIREUR. — La poulie du métier ayant 20 pouces, sa vitesse est $\frac{N \times D}{20}$.

L'arbre de la poulie porte un pignon de rechange R qui commande l'étireur au moyen d'une roue de 120 dents. La vitesse de l'étireur sera donc :

$$V_e = \frac{N \times D \times R}{20 \times 120}. \qquad (1)$$

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉTIREUR. — Le diamètre de l'étireur est de 6 pouces ; sa circonférence est donc $\pi 6$. Ainsi à chaque tour un point de l'étireur décrit un chemin représenté en pouces par $\pi 6$. En multipliant par la vitesse en une minute on aura le développement par minute, soit :

$$d_e = \frac{N \times D \times R \times \pi \times 6}{20 \times 120}. \qquad (2)$$

VITESSE DES VIS. — La roue B ou pignon de laminage que porte l'étireur est variable. Désignons par R′ le nombre de ses dents. La roue C calée sur la commande des vis a 72 dents, sa vitesse est donc :

$$\frac{N \times D \times R \times R'}{20 \times 120 \times 72}. \qquad (3)$$

Le pignon a a 30 dents e le pignon b de la vis, 20. La vitesse des vis est donc :

$$V_v = \frac{N \times D \times R \times R' \times 30}{20 \times 120 \times 72 \times 20}. \qquad (4)$$

VITESSE OU DÉVELOPPEMENT DES BARRETTES. — Le pas de la vis supérieure étant de 3/4 de pouce, cela signifie qu'à chaque tour de vis les barrettes avancent de 3/4 de pouce. Le développement des barrettes est donc :

$$d_b = \frac{N \times D \times R \times R' \times 30 \times 3}{20 \times 120 \times 72 \times 20 \times 4}. \qquad (5)$$

Digitized by Google

VITESSE DU FOURNISSEUR. — La vitesse de la roue C′ est la même que celle de la roue C (3). C′ a 18 dents, G en a 60; H en a 24 et F 60. La vitesse des fournisseurs est donc:

$$V_f = \frac{N \times D \times R \times R' \times 18 \times 23}{20 \times 120 \times 72 \times 60 \times 60}. \qquad (6$$

DÉVELOPPEMENT DU FOURNISSEUR. — Le fournisseur a 3 pouces de diamètre; son développement est

$$d_f = \frac{N \times D \times R \times R' \times 18 \times 23 \times \pi \times 3}{20 \times 120 \times 72 \times 60 \times 60}. \qquad (7)$$

ÉTIRAGE OU LAMINAGE DE L'ÉTALEUSE. — Le laminage est le rapport du développement de l'étireur à celui du fournisseur. On aura donc le laminage en divisant la valeur de d_e par celle de d_f, ce qui donne, toute réduction faite

$$L' = \frac{8 \times 3600}{23 \times R'} = \frac{1252,1}{R'}. \qquad (8)$$

On voit que l'étirage ou laminage dépend du nombre de dents du pignon R′; c'est ce qui a fait donner à ce pignon le nom de pignon de laminage. La formule (8) mise sous la forme

$$R' = \frac{1252,1}{L}$$

montre que 1252,1 est le nombre constant qu'il faut diviser par le laminage qu'on veut avoir à l'étaleuse considérée pour trouver au quotient le nombre de dents du pignon de laminage correspondant.

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DES BARRETTES A CELUI DU FOURNISSEUR.— Il suffit de diviser (5) par (7) ce qui donne, toute réduction faite

$$\frac{75}{23 \times \pi} = 1,038. \qquad (9)$$

Digitized by Google

On voit qu'entre le fournisseur et les barrettes, l'allongement du ruban est très-petit, ce qui signifie que l'étirage est presque nul. Théoriquement, il ne devrait pas y en avoir ; si on en donne un peu, c'est pour maintenir le ruban tendu.

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉTIREUR A CELUI DES BARRETTES. — Il suffit de diviser (2) par (5), ce qui donne, toute réduction faite

$$\frac{\pi \times 6 \times 64}{R'} = \frac{1197}{R'}. \qquad (10)$$

VITESSE DU DÉLIVREUR. — La vitesse de la roue B′ est la même que celle de l'étireur (1). B′ a 82 dents ; D en a 47. La vitesse du délivreur est donc

$$V_D = \frac{N \times D \times R \times 82}{20 \times 120 \times 47}. \qquad (11)$$

DÉVELOPPEMENT DU DÉLIVREUR. — Le délivreur ayant $3\frac{1}{2} = \frac{7}{2}$ pouces de diamètre, son développement est

$$d_D = \frac{N \times D \times R \times 82 \times \pi \times 7}{20 \times 120 \times 47 \times 2}. \qquad (12)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DU DÉLIVREUR A CELUI DE L'ÉTIREUR. — Il suffit de diviser (12) par (2) ce qui donne, toute réduction faite

$$\frac{287}{282} > 1. \qquad (13)$$

Ce rapport est un peu plus grand que 1 afin qu'il y ait une légère tension au ruban.

MOUVEMENT DE SONNETTE, VITESSE DE LA ROUE Q. — Il suffit de diviser (11), vitesse du délivreur, par 28 et 51, nombre des dents des roues p et q, puisque les filets de

Digitized by Google

vis sans fin m et n ne comptent que pour 1 dent. Nous avons ainsi pour la vitesse de la roue q

$$V_q = \frac{N \times D \times R \times 82}{20 \times 120 \times 47 \times 28 \times 51}. \qquad (14)$$

VITESSE DU ROULEAU DES CUIRS. — Le pignon f a même vitesse que le pignon F (6). Le pignon f a 23 dents et le pignon r, 21. La vitesse du rouleau est donc

$$V_r = \frac{N \times D \times R \times R' \times 18 \times 23 \times 23}{20 \times 120 \times 72 \times 60 \times 60 \times 21}. \qquad (15)$$

DÉVELOPPEMENT DU ROULEAU. — Le rouleau ayant $2\frac{1}{2}$ pouces $= \frac{5}{2}$ de diamètre, son développement est

$$d_r = \frac{N \times D \times R \times R' \times 18 \times 23 \times 23 \times \pi \times 5}{20 \times 120 \times 72 \times 60 \times 60 \times 21 \times 2}. \qquad (16)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DU ROULEAU A CELUI DU FOURNISSEUR. — Il suffit de diviser (16) par (7) ce qui donne

$$\frac{23 \times 5}{21 \times 6} = 0{,}95.$$

Pour avoir le développement des cuirs, il faut augmenter le diamètre $2\frac{1}{2}$ du rouleau d'une fois l'épaisseur du cuir (*), ce qui donne alors pour ce diamètre environ 2,74 pouces. Le rapport précédent devient alors

$$\frac{23 \times 2{,}74}{21 \times 3} = 1$$

ce qui signifie que les cuirs débitent exactement la longueur du ruban requise par le fournisseur.

(*) Quand le cuir s'enroule autour du rouleau, sa face interne se comprime, tandis que sa face externe se distend, de sorte que la vitesse de translation du cuir n'est ni celle de sa face interne ni celle de sa face externe, mais bien celle de sa face médiane; voilà pourquoi il ne faut augmenter le diamètre du rouleau que d'une fois l'épaisseur des cuirs, ce qui fait deux fois leur demi-épaisseur.

Digitized by Google

APPLICATION NUMÉRIQUE. — Supposons une transmission faisant 135 tours, la poulie qui commande celle de l'étaleuse ayant 20 pouces. Prenons un pignon de rechange de 36 dents et un pignon de laminage de 64 dents. Pour obtenir des résultats numériques, il n'y a qu'à porter ces valeurs dans les formules précédemment trouvées. Nous aurons ainsi :

Vitesse de l'étireur (1),

$$\frac{135 \times 20 \times 36}{20 \times 120} = 40^{\text{tours}}5.$$

Développement de l'étireur (2),

$$40{,}5 \times \pi \times 6 = 763^{\text{pouces}}4.$$

Vitesse des vis (4),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 64 \times 30}{20 \times 120 \times 72 \times 20} = 54^{\text{tours}}.$$

Développement des barrettes (5),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 64 \times 30 \times 3}{20 \times 120 \times 72 \times 20 \times 4} = 40^{\text{pouces}}.$$

Vitesse du fournisseur (6),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 64 \times 18 \times 23}{20 \times 120 \times 72 \times 60 \times 60} = 4^{\text{tours}}14.$$

Développement du fournisseur (7),

$$4{,}14 \times \pi \times 3 = 39^{\text{pouces}}018.$$

Laminage (8),

$$\frac{8 \times 3600}{23 \times 64} = 19{,}56.$$

Vitesse du délivreur (11),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 82}{20 \times 120 \times 47} = 70^{\text{tours}}65.$$

Digitized by Google

Développement du délivreur (12),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 82 \times \pi \times 3{,}5}{20 \times 120 \times 47} = 776^{\text{pouces}}8.$$

Vitesse de la roue de sonnette (14),

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 82}{20 \times 120 \times 47 \times 28 \times 51} = 0^{\text{tours}}04948.$$

PRODUCTION DE L'ÉTALEUSE. — Nous avons vu qu'au sortir de l'étaleuse, c'est-à-dire du délivreur, les 4 rubans réunis coulent dans un pot. La longueur du ruban qu'on y fait tomber est ordinairement de 500 yards. Cherchons combien le délivreur doit faire de tours pour produire cette longueur. Son diamètre étant $3\frac{1}{2} = \frac{7}{2}$ pouces, sa circonférence est $\frac{\pi 7}{2}$: c'est en pouces la longueur de ruban produite en un tour ; en divisant par 36, nous aurons la longueur en yards, soit

$$\frac{\pi 7}{72}.$$

Le nombre de tours à faire pour produire 500 yards est donc

$$500 : \frac{\pi 7}{72} = \frac{72 \times 500}{7 \times \pi} = 1636^{\text{tours}}36.$$

Pour avoir le nombre de minutes nécessaires à cette production, il suffit de diviser $\frac{72 \times 500}{7 \times \pi}$ par la vitesse (11) du délivreur, ce qui donne

$$\frac{72 \times 500 \times 20 \times 120 \times 47}{7 \times \pi \times 135 \times 20 \times 36 \times 82} = 23^{\text{min.}}17.$$

soit environ 23 minutes 10 secondes.

Enfin, en multipliant cette dernière expression par la vitesse de la roue q (14), on aura le nombre de tours que

Digitized by Google

fait la roue de sonnette q pendant la production de 500 yards, soit, toute réduction faite

$$\frac{72 \times 500}{7 \times \pi \times 28 \times 51} = \frac{72 \times 500}{22 \times 28 \times 51} = \frac{36000}{31416}.$$

ce résultat étant plus grand que 1 et la roue q ne pouvant porter moins d'un taquet, il en résulte qu'à chaque coup de sonnette, la longueur produite sera moindre que 500 yards; elle sera

$$\frac{31416 \times 500}{36000} = 436^{\text{yards}}3.$$

Pour avoir 500 yards à chaque coup de sonnette, il faut changer l'une des roues p ou q, q par exemple, en posant

$$\frac{72 \times 500}{22 \times 28 \times x} = 1$$

d'où

$$x = \frac{72 \times 500}{22 \times 28} = 58 \text{ ou } 59 \text{ dents.}$$

Avec 58 dents on aura un peu moins et avec 59 dents un peu plus de 500 yards.

Nous venons de voir que la longueur de ruban en yards, fournie à chaque tour par le délivreur est $\frac{\pi 7}{72}$. En multipliant cette longueur par la vitesse (11) du délivreur, on aura la longueur produite en une minute. Pour avoir la production journalière, il faut encore multiplier par 60, nombre de minutes en une heure, et par 12, nombre d'heures de travail; il faut, en outre, défalquer environ 10 pour °/₀ pour les pertes dues aux arrêts, ce qui revient à multiplier par 0,90. La production quotidienne devient ainsi :

$$\frac{135 \times 20 \times 36 \times 82 \times \pi \times 7 \times 60 \times 12 \times 0,90}{20 \times 120 \times 47 \times 72} = 13,884 \text{ yards.}$$

Digitized by Google

Enfin, en divisant cette longueur par celle de 500 de chaque pot, on trouve la production quotidienne en pots

$$\frac{13834}{500} = 27{,}77$$

soit environ 27 3/4 pots.

POIDS DU RUBAN A LA SORTIE DE L'ÉTALEUSE. — Désignons par x le poids du lin étalé par yard sur chaque cuir. Le poids étalé sur les 4 cuirs sera $4x$. Or, à la sortie, les quatre rubans se réunissent en un seul, ayant subi un allongement donné par l'étirage ou laminage de la machine, soit pour le cas qui nous occupe, 19,58. 1 yard de ruban pèse donc à la sortie

$$P = \frac{4x}{19{,}56}.$$

On a vu que le développement du délivreur est légèrement supérieur à celui de l'étireur, ce qui doit diminuer un peu le poids du yard. Le rapport est $\frac{287}{282}$. Pour avoir le poids théorique, il faut donc multiplier le résultat précédent par ce rapport renversé, ce qui donne

$$\frac{4 \times 282 \times x}{19{,}56 \times 287} = P_R. \qquad (17)$$

Le pot ayant 500 yards pèse

$$P_{pot} = \frac{4 \times 500 \times 282 \times x}{19{,}56 \times 287}. \qquad (17\text{ bis})$$

De la formule (17), on tire

$$x = P_R \times \frac{19{,}56 \times 287}{4 \times 282} \qquad (18)$$

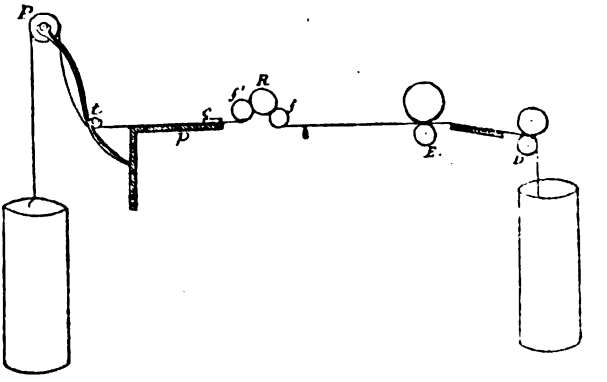
ce qui donne le poids à étaler par yard sur chaque cuir, en fonction du poids du yard de ruban à la sortie de la machine.

Digitized by Google

ÉTIRAGES OU DOUBLEUSES.

Les étirages sont des machines presqu'identiques aux étaleuses; elles en diffèrent par la suppression de la table ou cuirs sans fin et de légères modifications de détail.

Le ruban produit par l'étaleuse sort du pot et va passer sur une poulie à *flanches* P que supporte une tringle.



Celle-ci, placée derrière l'étirage, à une certaine hauteur, est maintenue par des pièces courbes en forme d'S renversée et appelées cous de cygne. Les cous de cygne portent une autre tringle *t* placée à la hauteur d'une plaque *p*. Le ruban passe sous cette seconde tringle, glisse sur la plaque *p*, et va passer entre des conduits *c*. Là, il passe sous le cylindre *f'*, remonte autour du rouleau en fonte R et vient repasser sous le fournisseur *f*. A partir du fournisseur, il est saisi par des gills qui le conduisent à l'étireur E, d'où il va au délivreur pour tomber ensuite dans un pot. Les cylindres *f* et *f'* tournent autour d'une ligne fixe. Le cylindre R ne fait que reposer sur les deux autres, agissant par son poids; il est coupé, par sections droites, en pièces correspondantes à deux rubans.

Les barrettes des étirages portent plus de peignes que celles des étaleuses; elles en ont 4, 6, 8 et même plus, qui correspondent à autant de rubans. Comme les bar-

Digitized by Google

rettes, pour ne pas fléchir, ne peuvent avoir qu'une longueur limitée, l'étirage est aussi divisé en deux, trois ou quatre têtes. Chaque tête porte alors deux paires de vis pour le mouvement des barrettes. Les cylindres étireurs et fournisseurs conservent seuls toute la longueur de l'étirage.

Le ruban, en sortant de l'étaleuse, est loin d'avoir la régularité suffisante; il faut encore le régulariser par une série de doublages. Un doublage consiste à prendre plusieurs rubans, à les réunir en un seul en leur faisant subir un laminage ou allongement. Il est clair que dans cette opération les parties grosses se combinant avec les parties minces du ruban, celui-ci se régularise d'autant plus qu'il est soumis à plus de doublages. A chaque doublage, la machine est plus fine, c'est-à-dire que les gills sont plus fins; les écartements qui mesurent les distances des lignes des centres des fournisseurs et étireurs sont aussi plus courts. A chaque doublage aussi l'étirage est combiné de façon à donner au ruban un certain allongement et par conséquent à l'amincir.

COMPOSITION D'UN ASSORTIMENT DE PRÉPARATION POUR LIN LONG. — Un bon système de préparations pour lin long se compose généralement ainsi : (*)

Une étaleuse à 4 cuirs;
Un 1er étirage, 2 têtes, 4 rubans par tête;
Un 2e id. 2 id. 6 id.
Un 3e id. 3 id. 8 id.
Un banc de 60 broches, 6 têtes de 10 broches.

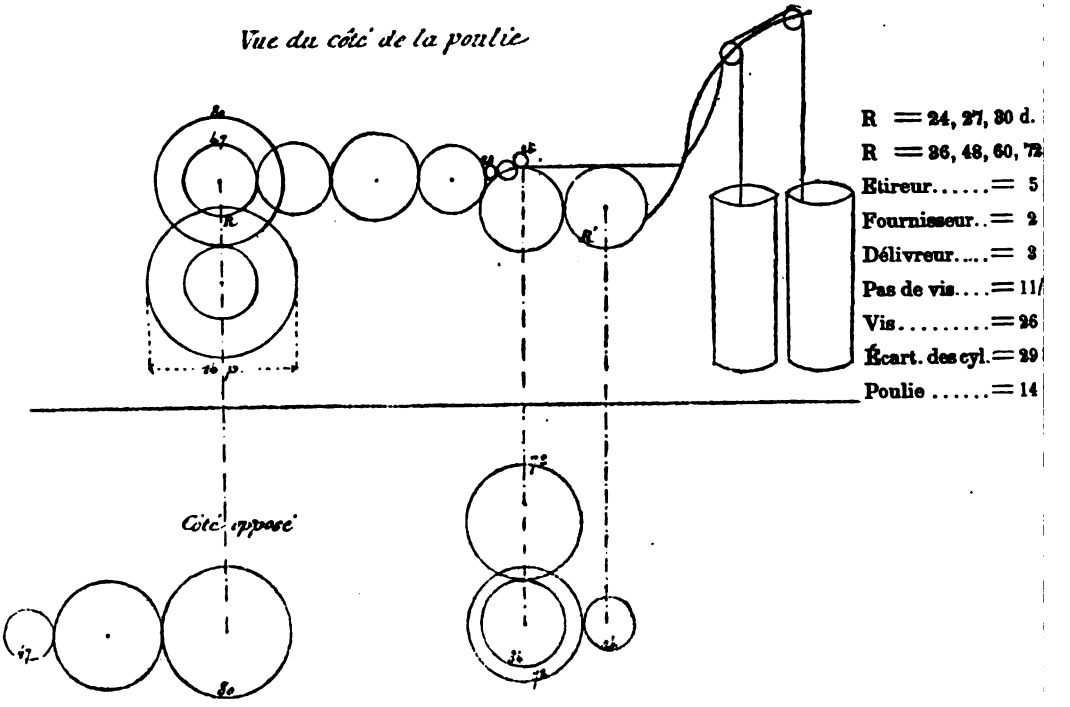
Nous avons déjà décrit et calculé l'étaleuse; passons aux autres machines.

(*) Cette composition n'a rien d'absolu, car chaque filateur distribue ses machines de préparation en vue du but qu'il veut atteindre. Si nous donnons la composition ci-dessus, c'est parce que c'est celle que nous avons le plus généralement rencontrée.

Digitized by Google

1er DOUBLAGE. — Un étirage. — 2 têtes. — 4 rubans par tête. — Un délivreur par tête.

La disposition des organes du mouvement est la même que pour l'étaleuse. Afin d'éviter des redites, nous nous bornerons aux calculs indispensables. Dans le croquis ci-après, les chiffres placés sur les roues indiquent le nombre de leurs dents. Nous avons placé derrière l'étirage deux pots pour chaque peigne, comme cela se fait ordinairement. Il en résulte que 8 rubans de l'étaleuse vont se réunir au délivreur de chaque tête de l'étirage.



Toutes les machines d'un système de préparation se trouvant généralement dans la même salle, on doit admettre que c'est la même transmission qui les fait mar-

Digitized by Google

cher. Nous désignerons donc encore par N la vitesse de cette transmission et par D′ le diamètre de la poulie qui doit commander celle de l'étirage. Nous déterminerons ensuite D′ par cette considération que l'étirage doit absorber le produit de l'étaleuse.

Vitesse de l'étireur :

$$V_E = \frac{N \times D' \times R}{14 \times 80}. \qquad (1)$$

Développement de l'étireur :

$$d_E = \frac{N \times D' \times R \times \pi \times 5}{14 \times 80}. \qquad (2)$$

Vitesse du fournisseur :

$$V_F = \frac{N \times D' \times R \times 47 \times 24 \times 34}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (3)$$

Développement du fournisseur :

$$d_F = \frac{N \times D' \times R \times 47 \times 24 \times 34 \times 2\pi}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (4)$$

Laminage :

$$L = \frac{d_E}{d_F} = \frac{15 \times 18}{47 \times 17} \times R'. \qquad (5)$$

Avec $R' = 36$, on trouve $L = 12{,}1$ (*).

Vitesse du délivreur :

$$V_D = \frac{N \times D' \times R \times 80}{14 \times 80 \times 47} = \frac{N \times D' \times R}{14 \times 47}. \qquad (6)$$

(*) Mettons la formule (5) sous la forme

$$R' = L \times \frac{47 \times 17}{15 \times 18}.$$

Le produit $\frac{47 \times 17}{15 \times 18} = 2{,}959$ est le nombre constant par lequel il faut multiplier le laminage qu'on veut avoir pour obtenir le nombre de dents du pignon de laminage correspondant.

Digitized by Google

Développement du délivreur :

$$d_D = \frac{N \times D' \times R \times \pi \times 3}{14 \times 47}. \qquad (7)$$

Rapport du développement du délivreur à celui de l'étireur :

$$\frac{d_D}{d_E} = \frac{240}{235} > 1.$$

ABSORPTION DE L'ÉTIRAGE. — Le développement du fournisseur par minute est (4)

$$d_r = \frac{N \times D' \times R \times 47 \times 24 \times 34 \times 2\pi}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}.$$

L'étirage ayant 4 peignes par tête, soit 8 en tout; et chaque peigne absorbant 2 rubans, l'absorption par minute est donc en pouces

$$\frac{N \times D' \times R \times 47 \times 24 \times 34 \times 2 \times \pi \times 16}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}.$$

Or cette absorption doit, pour le bien, être égale au débit de l'étaleuse. Le débit de celle-ci est donné par le développement de son délivreur, page 200 (12). Nous avons donc, en supprimant N qui serait facteur aux deux membres :

$$\frac{D' \times R \times 47 \times 24 \times 34 \times 2 \times \pi \times 16}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72} = \frac{20 \times 36 \times 82 \times \pi \times 3,5}{20 \times 120 \times 47}.$$

On tire de là, tous les calculs faits :

$$D' \times \frac{R}{R'} = 8,66.$$

On voit que cette formule est dépendante du diamètre D' de la poulie de transmission et des pignons variables R

Digitized by Google

et R'. Déterminons D' pour le cas où R = 24, R' = 36. La formule donne

$$D' \frac{24}{36} = 8{,}66$$

d'où

$$D' = 8{,}66 \times \frac{3}{2} = 12^{\text{pouces}}99.$$

Ainsi dans ce cas il suffira de placer sur la transmission une poulie de 13 pouces de diamètre, pour que l'étirage suive convenablement l'étaleuse.

POIDS DU RUBAN A LA SORTIE DE L'ÉTIRAGE. — Nous avons dit que chaque peigne absorbe 2 rubans et qu'il y a 8 rubans par tête allant se réunir en un seul au délivreur. D'autre part nous avons vu, page 207, qu'avec un pignon R' = 36 dents, le laminage est de 12,1. A la sortie le poids du ruban est donc les $\frac{8}{12{,}1}$ de ce qu'il était à l'entrée. Or en tenant compte du développement du délivreur de l'étaleuse, nous avons trouvé, page 205 (17) pour poids du yard de ruban.

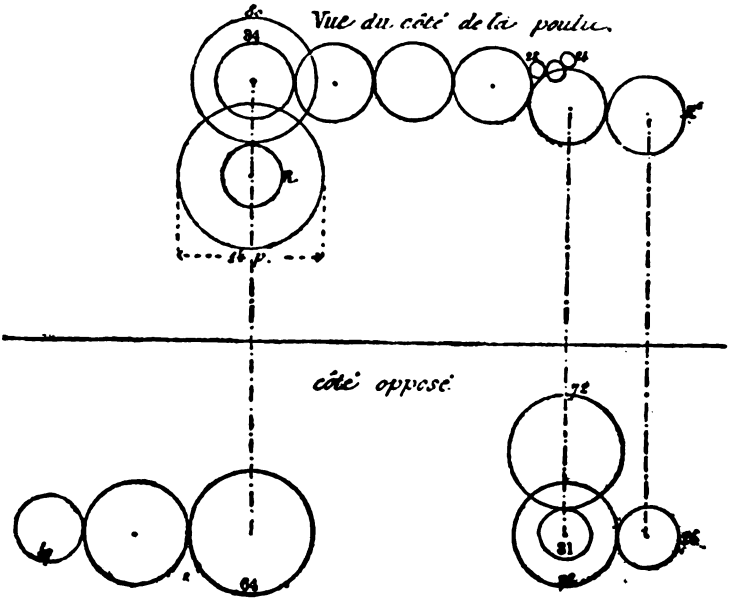
$$P_R = \frac{4 \times 282}{19{,}56 \times 287}\ x.$$

Nous aurons à la sortie du premier doublage, en tenant également compte du développement du délivreur :

$$P_{R'} = \frac{4 \times 282 \times 235 \times 8}{19{,}56 \times 287 \times 240 \times 12{,}1}\ x.$$

Digitized by Google

2e DOUBLAGE. — 2 têtes. — 6 rubans par tête. — 2 délivreurs par tête.



R = 24, 27, 30.
R′ = 36 à 72.
Etireur..... = 4
Fournisseur.. = 2
Délivreur.... = 3
Pas de vis.... = 5/8
Vis..... = 24
Ecart. des cyl. = 27
Poulie..... = 14

Vitesse de l'étireur :

$$V_e = \frac{N \times D' \times R}{14 \times 80}. \qquad (1)$$

Développement de l'étireur :

$$d_e = \frac{N \times D' \times R \times \pi \times 4}{14 \times 80}. \qquad (2)$$

Vitesse du fournisseur :

$$V_f = \frac{N \times D' \times R' \times 41 \times 24 \times 31}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (3)$$

Développement du fournisseur :

$$d_f = \frac{N \times D' \times R \times 41 \times 24 \times 31 \times \pi \times 2}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (4)$$

Digitized by Google

Laminage :

$$L = \frac{d_E}{d_r} = \frac{432}{41 \times 31} \times R'. \qquad (5)$$

Avec $R' = 36$, on trouve $L = 12{,}07$ (*).

Vitesse du délivreur :

$$V_D = \frac{N \times D' \times R \times 64}{14 \times 80 \times 47}. \qquad (6)$$

Développement du délivreur :

$$d_D = \frac{N \times D' \times R \times 64 \times \pi 3}{14 \times 80 \times 47}. \qquad (7)$$

Rapport du développement du délivreur à celui de l'étireur :

$$\frac{d_D}{d_E} = \frac{48}{47} > 1.$$

ABSORPTION DU 2e ÉTIRAGE. — Le 2e étirage ayant comme le premier 2 têtes, il en résulte qu'une tête du 2e doit absorber la production d'une tête du premier. Le 2e étirage a 6 peignes par tête et nous plaçons comme au premier 2 rubans par peigne. L'absorption par tête est donc 12 fois le développement du fournisseur, soit :

$$\frac{N \times D' \times R \times 41 \times 24 \times 31 \times \pi \times 2 \times 12}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}.$$

Le 1er étirage a, par tête, un délivreur dont le développement est, en admettant une poulie $D' = 13$ pouces et un pignon $R = 24$ d.. (7) page 210.

$$\frac{N \times 13 \times 24 \times \pi \times 3}{14 \times 47}.$$

(*) $\frac{41 \times 31}{432} = 2{,}942$, nombre constant par lequel il faut multiplier le laminage pour avoir le pignon correspondant.

Digitized by Google

Le 2e étirage absorbera donc la production du premier si les termes précédents sont équivalents, ce qui donne

$$\frac{D' \times R \times 41 \times 24 \times 31 \times 2 \times 12}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72} = \frac{13 \times 24 \times 3}{14 \times 47}$$

d'où l'on tire, tous calculs faits :

$$D' \frac{R}{R'} = 11{,}28.$$

En posant $R = 24$; $R' = 36$, il vient

$$D' = 11{,}28 \times \frac{3}{2} = 16^{\text{pouces}}92.$$

Ainsi pour que le 2e étirage suive le premier, il faut placer sur la transmission une poulie d'un peu moins de 17 pouces, soit 17 pouces, en chiffres ronds.

POIDS DU RUBAN A LA SORTIE DU 2e ÉTIRAGE. — Puisque chaque peigne absorbe 2 rubans et que sur le devant 3 rubans (ou peignes) viennent se réunir en un seul au délivreur, il en résulte que 6 rubans placés derrière se réunissent en un seul sur le devant. Or l'étirage ou laminage de la machine est 12,07. Le poids du ruban à la sortie devient donc les $\frac{6}{12{,}07}$, soit les $\frac{6}{12}$ de ce qu'il était à l'entrée. On a vu, page 211, qu'il est alors

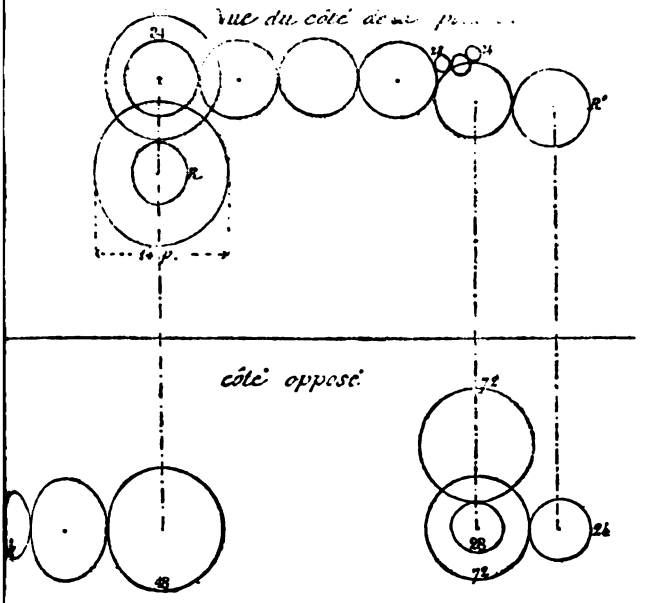
$$P_{R'} = \frac{4 \times 282 \times 235 \times 8}{19{,}56 \times 287 \times 240 \times 12{,}1}\ x.$$

En sortant du second étirage il sera donc, en tenant compte du développement du délivreur :

$$P_{R''} = \frac{4 \times 282 \times 235 \times 47 \times 8 \times 6}{19{,}56 \times 287 \times 240 \times 48 \times 12{,}1 \times 12}\ x.$$

Digitized by Google

3e DOUBLAGE. — 3 têtes. — 8 rubans par tête. — 2 délivreurs par tête.



R = 24, 27, 30
R′ = 36 à 72.
Etireur..... = 3 pouces
Fournisseur.. = 2 id.
Délivreur.... = 3 id.
Pas de vis.... = 9/16
Vis..... = 22
Ecart. des cyl. = 25 3/4
Poulie. ..... — 14 id.

Vitesse de l'étireur :

$$V_E = \frac{N \times D' \times R}{14 \times 80}. \qquad (1$$

Développement de l'étireur :

$$d_E = \frac{N \times D' \times R \times \pi \times 3}{14 \times 80}. \qquad (2$$

Vitesse du fournisseur :

$$V_F = \frac{N \times D' \times R \times 34 \times 24 \times 28}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (3)$$

Développement du fournisseur :

$$d_F = \frac{N \times D' \times R \times 34 \times 24 \times 28 \times \pi \times 2}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72}. \qquad (4)$$

Digitized by Google

Laminage :

$$= \frac{d_E}{d_T} = \frac{81}{238} R'. \qquad (5)$$

Pour $R' = 36$, $L = 12{,}2$ (*).

Vitesse du délivreur :

$$V_D = \frac{N \times D' \times R \times 48}{14 \times 80 \times 47}. \qquad (6)$$

Développement du délivreur :

$$d_D = \frac{N \times D' \times R \times 48 \times \pi 3}{14 \times 80 \times 47}.$$

Rapport du développement du délivreur à celui de l'étireur :

$$\frac{d_D}{d_E} = \frac{48}{47} > 1.$$

ABSORPTION DU 3e ÉTIRAGE. — L'étirage a trois têtes de 8 peignes, à 2 rubans par peigne, soit en tout, derrière la machine, 48 rubans. L'absorption est donc 48 fois le développement du fournisseur, soit :

$$\frac{N \times D' \times R \times 34 \times 24 \times 28 \times \pi \times 2}{14 \times 80 \times R' \times 72 \times 72} 48.$$

L'étirage précédent a quatre délivreurs ; sa production est donc quatre fois le développement de chacun d'eux, soit avec une poulie de 17 pouces et R = 24, (7) page 213.

$$\frac{N \times 17 \times 24 \times 64 \times \pi \times 3}{14 \times 80 \times 47} 4.$$

(*) $\frac{288}{81} = 2{,}938$, nombre constant par lequel il faut multiplier le laminage pour obtenir le pignon correspondant

Digitized by Google

En écrivant que ces termes sont égaux, on exprime que le 3e étirage absorbe le produit du 2e, ce qui donne, toutes réductions faites

$$D' \frac{R}{R'} = 15{,}76.$$

En posant $R = 24$, $R' = 36$, on aura

$$D' = 15{,}76 \times \frac{3}{2} = 23^{p}{\cdot}64.$$

Ainsi le troisième étirage suivra le 2e si on place sur la transmission une poulie de 24 pouces.

POIDS DU RUBAN A LA SORTIE DU 3e ÉTIRAGE. — Chaque tête a 2 délivreurs; chaque peigne absorbant 2 rubans et 4 peignes se réunissant à chaque délivreur, il en résulte que 8 rubans se réunissent en un seul. L'étirage étant de 12,2, le ruban à la sortie est, en poids, les $\frac{8}{12{,}2}$ de ce qu'il était à l'entrée. En tenant encore compte du développement du délivreur, nous aurons donc pour le poids du yard de ruban à la sortie du 3e étirage

$$P_{R'''} = \frac{4 \times 282 \times 235 \times 47 \times 47 \times 8 \times 6 \times 8}{19{,}56 \times 287 \times 240 \times 48 \times 48 \times 12{,}1 \times 12 \times 12{,}2} x.$$

Nous allons généraliser cette formule. En l'examinant on voit que les nombres 4, 8, 6, 8 du numérateur sont les nombres de rubans qui vont, à chaque machine, se réunir au délivreur; les nombres 19, 56; 12,1; 12; 12,2 sont les laminages des machines. Les autres nombres forment un facteur composé du produit des rapports des développements des délivreurs aux développements des étireurs. Ce facteur est constant. Désignons par n, n', n'', n''', les

Digitized by Google

nombres de rubans qui à chaque machine vont se réunir au délivreur; par l, l', l'', l''', les laminages desdites machines. En effectuant le produit constant, la formule deviendra

$$P_{n'''} = k \times \frac{n \times n' \times n'' \times n'''}{l \times l' \times l'' \times l'''} x.$$

Elle signifie que le poids du ruban à la sortie d'une machine quelconque est égal au poids X du ruban primitif, multiplié par le coefficient K (*), puis par le produit des nombres de rubans réunis à chaque délivreur, divisé par produit des laminages.

Comme application numérique supposons qu'à la table on ait étalé 1/2 kilog. de lin par yard sur chaque cuir. Quel sera avec les machines précédentes le poids du yard de ruban à la sortie du 3e étirage. Nous aurons

$$P = 0{,}9224 \frac{4 \times 8 \times 6 \times 8}{19{,}56 \times 12{,}1 \times 12 \times 12{,}2} 0{,}5 = 0^{\text{kilog}}{\cdot}02045.$$

soit environ 20 grammes.

THÉORIE DU BANC-A-BROCHES.

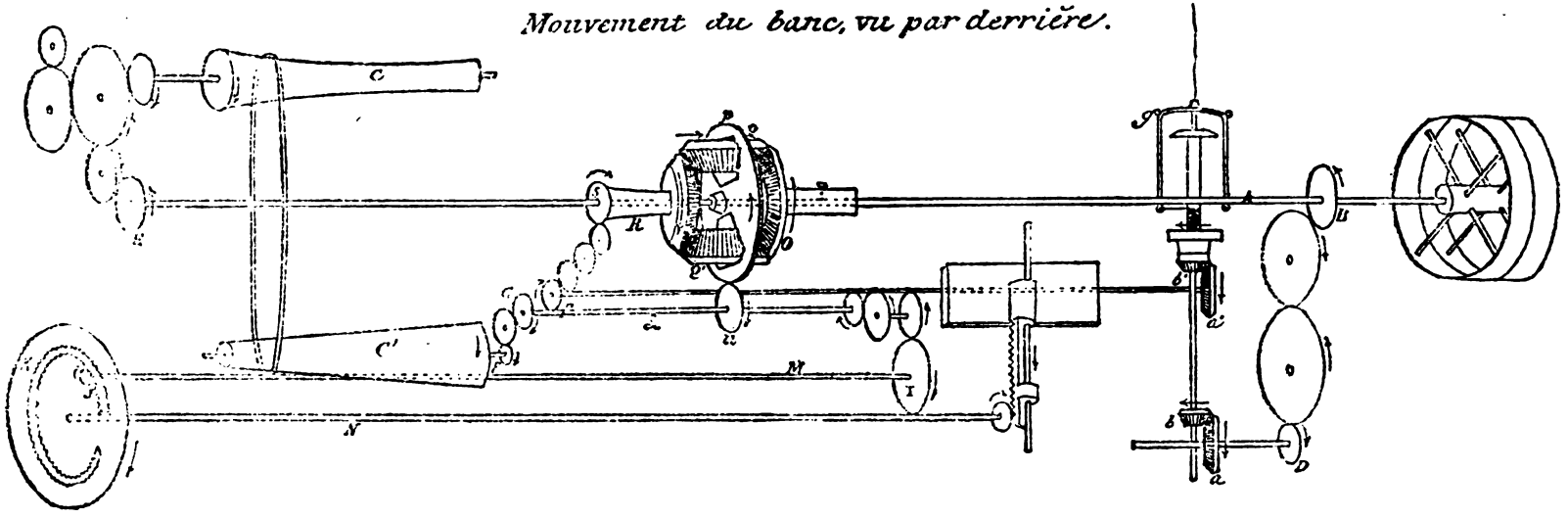
Le banc-à-broches est la machine qui a pour but de terminer la série des préparations à faire subir au lin ou aux étoupes avant de les soumettre à l'opération du filage. Au sortir du dernier étirage le cordon ou ruban de lin a

(*) $k =$

pour l'étaleuse,	$\frac{282}{287} \ldots = 0{,}9826$
» le 1er étirage,	$\frac{282}{287} \times \frac{235}{240} \ldots = 0{,}9621$
» le 2e »	$\frac{282}{287} \times \frac{235}{240} \times \frac{47}{48} \ldots = 0{,}9421$
» le 3e »	$\frac{282}{87} \times \frac{235}{240} \times \frac{47}{48} \times \frac{47}{48} \ldots = 0{,}9224$

Digitized by Google

Mouvement du banc, vu par derrière.



Digitized by Google

atteint un degré à peu près suffisant de régularité ; mais il est encore trop gros pour être filé directement ; il faut donc encore l'allonger pour le transformer en une mèche n'ayant plus que quelques millimètres d'épaisseur. Comme à cette épaisseur la mèche n'aurait qu'une faible résistance, on lui donne, pour augmenter cette résistance, une légère torsion. Il n'est plus possible non plus, avec cette faible épaisseur de la mèche, de la faire, comme aux étirages, couler dans des pots ; elle s'y mêlerait et, du reste, la torsion la ferait se contourner sur elle-même, c'est-à-dire, produirait des vrilles. Pour éviter ces inconvénients, on enroule la mèche produite par le banc sur une bobine. Quant à l'opération d'étirage elle se fait sur un banc comme à l'étaleuse et aux doubleuses au moyen de fournisseurs, gills, étireurs, disposés exactement de la même façon. En résumé le banc ne diffère d'un étirage ordinaire que par l'adjonction des mouvements qui doivent produire la torsion et l'enroulement de la mèche sur une bobine.

La torsion et l'enroulement de la mèche sur la bobine sont produits par une broche verticale. Cette broche repose, par sa base à pivot, dans une crapaudine en cuivre ; elle est maintenue un peu plus haut par un collet dans lequel elle tourne à frottement doux ; elle porte, à sa partie supérieure, une ailette à deux branches. La bobine que traverse la broche, repose sur un chariot mobile de bas en haut et de haut en bas : c'est le chariot de monte-et-baisse qui, par son mouvement alternatif de bas en haut et de haut en bas, permet à la mèche de s'enrouler sur la bobine dans toute la longueur de cette dernière suivant une série de spires d'hélice. Un arbre horizontal portant un pignon conique *a*, commande une roue conique *b*, calée sur la broche, et imprime à celle-ci un mouvement rapide de rotation dans le sens de droite à gauche. Un autre arbre horizontal, porté par le chariot, commande, au moyen d'un pignon conique *a'*, une roue *b'* et

Digitized by Google

lui imprime une rotation dans le même sens que celle de la broche; un petit goujon, que porte cette roue, pénètre dans l'embase de la bobine et entraîne celle-ci dans le sens de la roue. L'ailette et la bobine tournent donc dans le même sens.

La mèche fournie par l'étireur du banc vient traverser la partie supérieure de l'ailette ou un guide mèche *g*; elle passe ensuite à travers l'œillet et va se fixer sur la bobine.

L'ailette en tournant donne à la mèche la torsion voulue et l'enroule sur la bobine. Mais comme la longueur de mèche produite pendant un tour d'ailette n'est qu'une fraction de la circonférence de la bobine, il faut, pour que cette portion de mèche soit envidée sans tiraillement, que la bobine tourne dans le même sens que l'ailette et ait sur elle un retard suffisant pour effectuer l'envidage. Pour bien faire comprendre ceci, supposons que pendant un tour de broche la longueur de mèche produite soit de $\frac{1}{2}$ pouce, et la circonférence de la bobine 6 pouces, soit 12 demi-pouces. Après un tour de broche, un point de la circonférence de la bobine n'aura donc dû décrire qu'un chemin de 11 demi-pouces, le douzième demi-pouce ou retard ayant servi à envider le 1/2 pouce de mèche produit. La bobine, pendant un tour de broche, n'aura donc fait que les $\frac{11}{12}$ d'un tour. Pendant toute la durée de la première course, c'est-à-dire pendant tout le temps que le chariot mettra à monter pour permettre à la mèche de s'enrouler depuis le bas jusqu'en haut de la bobine, le retard de la bobine sur la broche sera constant, de $\frac{1}{12}$ de tour par tour de broche, puisque pendant toute la durée de cette course les spires seront d'égale longueur. Il est clair aussi que pendant toute la durée d'une même course, la vitesse du chariot doit être uniforme. Quand la première course sera terminée, le chariot descendra. Le diamètre de la bobine sera alors augmenté de deux fois

Digitized by Google

l'épaisseur de la mèche ; les spires seront donc plus longues : et comme à chaque course le nombre des spires est le même, il résulte que la seconde couche se composera d'une longueur de mèche plus grande ; il faudra donc un temps plus grand pour l'enrouler, puisque le débit de l'étireur est constant. Ainsi, à la seconde course, le chariot devra marcher plus lentement, et ainsi de suite à chaque nouvelle course.

Il en est de même pour le retard de la bobine qui devient d'autant plus petit que cette bobine est plus pleine de mèche. Considérons, par exemple, la bobine quand son diamètre est doublé ; sa circonférence sera alors de 24 demi-pouces au lieu de 12. Or, en un tour de broche, il ne s'est produit qu'un 1/2 pouce de mèche ; le retard de la bobine devra donc, pour envider ce 1/2 pouce de mèche, être de $\frac{1}{24}$ de tour ; pendant un tour de broche, la bobine devra donc alors faire $\frac{23}{24}$ de tour.

Ainsi, au fur et à mesure qu'il se produit sur la bobine une nouvelle couche de mèche, la vitesse de la bobine augmente tandis que celle du chariot diminue. Il y a donc dans le banc à broches deux mouvements différentiels à produire, l'un retardé pour le chariot, l'autre accéléré pour la bobine ; ces deux mouvements étant, du reste, corrélatifs l'un de l'autre. Nous allons montrer l'une des dispositions imaginées pour les obtenir.

MOUVEMENT VARIABLE DU CHARIOT. — L'arbre A qui reçoit son mouvement de la transmission, porte une roue dentée B ; celle-ci, au moyen d'intermédiaires, commande la roue D calée sur l'arbre de commande des broches. Cet arbre porte autant de pignons coniques *a* qu'il a de broches à faire mouvoir ; chaque pignon *a* commande une broche au moyen du pignon *b*, et il est clair que si la vitesse de la roue B est constante, celle de la broche l'est aussi.

L'arbre A porte à l'extrémité opposée à la poulie une

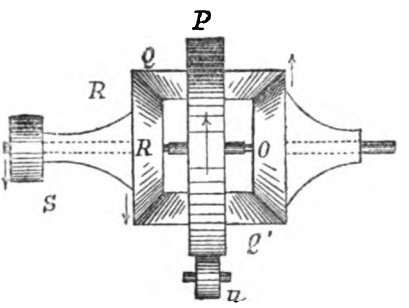
Digitized by Google

roue dentée E ; celle-ci commande, au moyen d'intermédiaires, un cône C, et il est visible que la vitesse de ce cône est aussi constante quand celle de la roue B est constante. Le cône C commande, au moyen d'une courroie, un autre cône C'. On voit aisément par la disposition de ces cônes, que quand on déplace la courroie pour la porter de gauche à droite, la vitesse du cône C restant constante, celle du cône C' doit diminuer, puisque le diamètre du cône C diminue tandis que celui du cône C' augmente. Le cône C' porte sur son axe un pignon F, lequel au moyen d'un intermédiaire, transmet le mouvement à l'axe L. L'axe L porte à son autre extrémité un pignon H qui à son tour commande, au moyen d'intermédiaires, l'axe M. Ce dernier porte à son extrémité gauche un petit pignon J commandant une lanterne. Cette lanterne tourne alternativement dans un sens ou dans l'autre suivant que le pignon J la commande intérieurement ou extérieurement. L'axe N calé à la lanterne reproduit ces mouvements. Or il porte des pignons engrenant avec des crémaillères verticales portant le chariot. Donc, suivant que la lanterne tourne dans un sens ou dans l'autre, la crémaillère monte ou descend produisant ainsi le mouvement de monte-et-baisse du chariot. Au fur et à mesure que la courroie avance vers la droite des cônes, le mouvement de la lanterne et par suite celui du chariot devient plus lent. Le chariot en arrivant à l'une des extrémités de sa course butte contre un appareil qui déplace la courroie de la quantité voulue. Quant à la forme des cônes, elle a été déterminée par le calcul de façon à produire à chaque course le retard que doit avoir le chariot. On trouvera ces calculs plus loin.

MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL DE LA BOBINE. — Un manchon terminé par un pignon conique *o* est calé sur l'arbre A : Le monvement du pignon *o* est donc le même que celui de la roue B. Une roue P appelée roue différentielle

Digitized by Google

tourne librement autour de l'arbre A ; elle porte deux pignons coniques Q, Q, perpendiculaires à son plan et engrenant avec le pignon O. Ces pignons engrènent encore avec le pignon R qui porte un manchon libre autour de l'arbre A, et terminé par la roue S. Cette dernière commande, par intermédiaires, la roue T et par suite le pignon conique a' qui commande la bobine. Quant à la roue différentielle P, elle est commandée par un pignon u placé sur l'axe L et tourne dans le même sens que le pignon O. Faisons remarquer que les pignons O et R, Q et Q' sont identiques et qu'à la rigueur l'un des pignons Q, Q' pourrait être supprimé, puisque chacun de ces pignons suffit pour transmettre le mouvement : si, entre les roues O et R on place deux pignons, c'est afin d'augmenter la solidité du système. Voyons maintenant comment les choses se passent. Supposons d'abord que la roue P ne tourne pas. Les roues Q et Q' joueront alors le rôle d'intermédiaires et transmettront intégralement le mouvement de la roue O à la roue R, dans le sens des flèches. Dans ce cas la bobine tournerait aussi vite que la broche et il n'y aurait pas d'envidage. Quand la roue P tourne, elle fait dans l'unité de temps moins de tours que la roue O. Pour fixer les idées supposons que la roue P fait 1 tour chaque fois que la roue o en fait 10, et décomposons le mouvement, pour chaque période de 10 tours, comme il suit : Les roues P et O font d'abord 1 tour ensemble, après la roue P s'arrête, la roue O continuant de tourner pour faire les 9 autres tours. Il est clair qu'au point de vue du retard absolu éprouvé par la roue S, le résultat sera le même. Or pendant le tour que les roues o et P font ensemble, il est évident que les



Digitized by Google

choses se passeront comme si les roues Q, Q' et *o* étaient solidaires, c'est-à-dire que les roues Q et Q' n'auront pas tourné dans leur plan. Leur translation autour de l'arbre aura pour effet d'entraîner avec elles la roue R et de lui faire faire un tour dans le sens contraire à celui qu'elle doit avoir. Quand la roue P cessera de tourner, le premier tour que fera la roue *o* ramènera la roue R dans sa position initiale; ensuite de quoi cette roue *o* transmettra intégralement à la roue R les 8 tours qui lui restent à faire. Ainsi chaque tour de la roue P a pour effet de faire perdre à la roue R deux des tours que fait pendant le même temps la roue *o*. Si donc on désigne par N le nombre de tours que fait la roue *o* dans l'unité de temps, par *n* celui que fait la roue P, le nombre de tours que fait R dans l'unité de temps sera $N - 2n$.

N est constant et égal au nombre de tours que fait l'arbre A; *n* est variable et dépend du diamètre de la bobine. On pourra donc toujours déterminer *n* de façon que la vitesse $N-2n$ que doit avoir la roue S, soit en rapport avec le retard à donner à la bobine sur la broche. On déterminera pour cela le rapport qui doit exister entre le nombre de dents des roues P et *u*, ou encore entre les roues P et F.

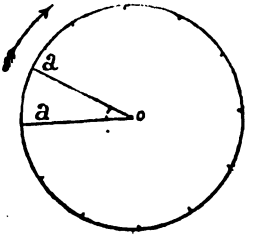
On a vu que quand la courroie des cônes se transporte à droite, la vitesse du pignon *u* diminue; donc celle de la roue P diminue aussi. Or, au fur et à mesure que le nombre *n* de tours de la roue P diminue, le nombre $N-2n$ qui exprime les tours que fait la roue S augmente; par suite la vitesse de la bobine qui dépend de celle de S augmente. On a donc bien par la disposition décrite le résultat qu'on voulait obtenir.

Il est clair qu'au lieu de donner à la bobine un retard sur la broche, on pourrait lui donner une avance suffisante pour l'envidage de la mèche: il suffirait pour cela de renverser le sens de la rotation de la roue P, ce qui

Digitized by Google

aurait pour effet d'accélérer la vitesse de la roue S au lieu de la diminuer. Outre que cela n'aurait aucun avantage pratique, cela aurait l'inconvénient d'exiger une force motrice plus considérable et de provoquer une usure plus rapide de certains organes.

DÉTERMINATION DU PROFIL DES CÔNES. — Nous avons dit que si la roue P ne tournait pas, les roues Q, Q' transmettraient intégralement la vitesse de la roue *o* à la roue S, et que dans ce cas la vitesse de la bobine serait égale à celle de la broche. Cela résulte de ce que la commande des broches est exactement la même que celle des bobines : en d'autres termes, le rapport du nombre des dents des roues B et D est le même que celui du nombre de dents des roues S et T. Il en résulte que le retard que doit avoir la bobine sur la broche est proportionnel à celui que doit avoir la roue S sur la roue B : plus simplement, le retard que doit avoir la roue S quand la roue B fait N tours, est le même que celui que doit avoir la bobine quand la broche fait ces N tours. Cela posé, cherchons le retard de la bobine sur la broche quand celle-ci a fait N tours. Appelons d le diamètre de la bobine, et 0 la torsion de la mèche par pouce. 0 indiquant combien il y a de tors par pouce, $\frac{1}{0}$ indique en pouces ou fraction de pouce, la longueur de mèche produite en un tour de broche. La circonférence de la bobine est πd. En la divisant par $\frac{1}{0}$ nous aurons le nombre $\pi d 0$ qui indique combien de fois elle contient la longueur de mèche produite pendant un tour de broche. Or, si on partage la circonférence de la bobine en autant de parties égales $\frac{1}{0}$ qu'elle en renferme, c'est-à-dire en $\pi d 0$ parties, on voit que, quand la broche



Digitized by Google

aura fait un tour, la bobine devra être en retard sur la broche de la quantité angulaire $a\,o\,a'$ afin d'envider la longueur $\frac{l}{\theta} = a\,a'$ de mèche produite. La bobine, à chaque tour de broche, aura donc un retard de $\frac{1}{\pi d \theta}$ de tour; par conséquent quand la broche a fait N tours, le retard en tours de la bobine est

$$\frac{N}{\pi d \theta}.$$

Par suite, quand la roue C a fait N tours, le retard de la roue S est aussi

$$\frac{N}{\pi d \theta}.$$

On a vu que quand la roue B fait N tours, si n exprime le nombre de tours que fait dans le même temps la roue différenticlle P,

$$N - 2n$$

est le nombre de tours que fait la roue S. Le retard de celle-ci sur la roue B est donc alors de $2n$ tours et l'on a

$$n = \frac{N}{2 \pi d \theta}.$$

Cherchons n en fonction du nombre M de tours que fait le cône C, la courroie étant à l'extrémité gauche des cônes. Soient D et D' les diamètres extrêmes des cônes. La vitesse du cône c étant M, celle du cône c' sera

$$\frac{M D}{D'}.$$

Le cône c' commande la roue différentielle P au moyen du pignon F et des intermédiaires G, u, etc.; mais on pourrait commander directement la roue P par le pignon F en donnant à F et à P un nombre de dents convenable. Désignons par F et P mêmes ces nombres de dents. Nous

Digitized by Google

aurons la vitesse de la roue P en multipliant celle $\frac{M D}{D'}$ du cône c' par le rapport $\frac{F}{P}$, ce qui donne pour la vitesse n de la roue P

$$n = \frac{M \times D \times F}{D' \times P}.$$

Nous avons donc :

$$\frac{M \times D \times F}{D' \times P} = \frac{N}{2 \pi d \theta}$$

expression que nous mettrons sous la forme

$$\frac{2 \pi \theta M F}{P N} = \frac{D'}{d D}. \qquad (1)$$

soit maintenant d' le diamètre de la mèche. A chaque course du chariot, le diamètre de la bobine s'augmentera de deux fois celui de la mèche ; après la Xe course, le diamètre de la bobine sera donc

$$d + 2 d' x.$$

Le retard de la bobine sur la broche, et par suite celui de la roue S sur la roue B sera alors pour un tour

$$\frac{1}{\pi \theta (d + 2 d' x)}$$

et pour N tours

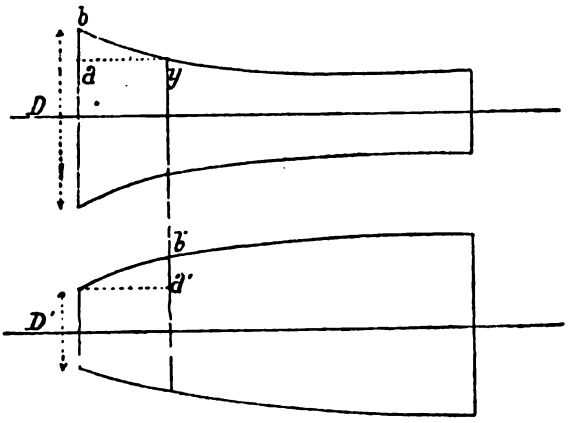
$$\frac{N}{\pi \theta (d + 2 d' x)}.$$

Le retard n sera donc alors

$$n = \frac{N}{2 \pi \theta (d + 2 d' x)}.$$

Désignons par y le rayon du cône c à l'endroit où se trouve la courroie en ce moment ; le diamètre sera $2y$. $(D - 2y)$ $2 a b = 2 a' b'$ sera ce que le cône c a

Digitized by Google



perdu en diamètre; mais ce que le cône c perd en diamètre, le cône c' le gagne; quand le diamètre du cône c est $2y$, celui du cône c' est donc $D' + (D - 2y)$. En cherchant comme tout-à-l'heure la vitesse n de la roue différentielle en fonction des diamètres des cônes, nous aurons donc

$$n = \frac{M \times 2y \times F}{(D' + D - 2y) P} = \frac{N}{2\pi\theta (d + 2d'x)}$$

d'où

$$\frac{2\pi\theta M F}{P \times N} = \frac{D' + D - 2y}{2y (d + 2d'x)}. \qquad (2)$$

Les premiers membres des équations (1) et (2) étant identiques, on en déduit

$$\frac{D' + D - 2y}{2y (d + 2d'x)} = \frac{D'}{dD}$$

ou

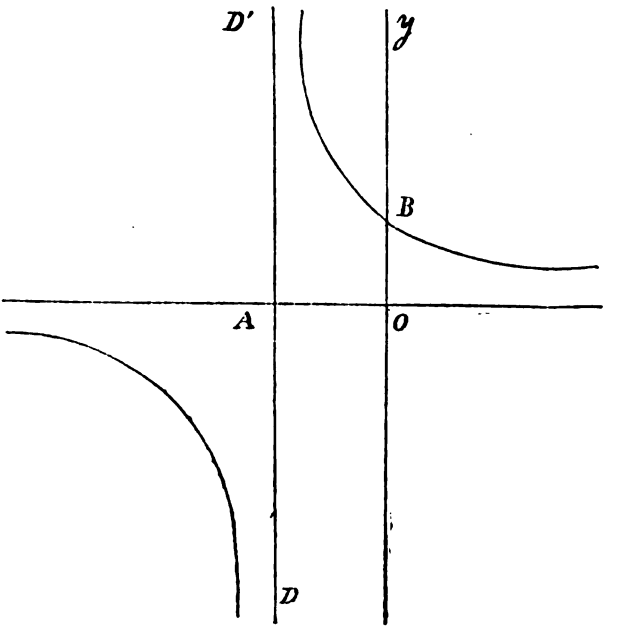
$$xy + \frac{d (D + D')}{2d'D'} y - \frac{d D (D + D')}{4d'D'} = 0. \qquad (3)$$

Telle est la relation qui donne le rayon y du cône supérieur après la Xe course. Si on considère x et y comme les coordonnées courantes d'une courbe, cette relation

Digitized by Google

représente une hyperbole équilatère, asymptote à l'axe des x et à une droite D A D′

$$x = -\frac{d\,(D + D')}{2\,d'\,D}$$



parallèle à l'axe des y qu'elle coupe en un point B distant de l'origine de la quantité $\frac{D}{2}$, égale à la moitié du grand diamètre D du cône. On voit que la courbe est rapportée à l'axe même du cône et à un diamètre de sa grande base.

L'équation ne renferme pas la longueur L du cône; mais elle renferme deux indéterminées d et d' dont il est facile de l'affranchir, précisément en y introduisant cette longueur L. En effet, si on exprime que pour l'abscisse $x = L$, l'équation doit donner pour l'ordonnée une valeur $= \frac{D'}{2}$, on a

$$\frac{L\,D'}{2} + \frac{d\,(D + L)}{4\,d'} - \frac{d\,D\,(D + D')}{4\,d'\,D'} = 0$$

Digitized by Google

d'où l'on tire

$$d' = \frac{d\,(D+D')\,(D-D')}{2\,L\,D'^2}.$$

Cette valeur de d' portée dans l'équation donne, après simplifications

$$x\,y + \frac{L\,D'}{D-D'}\,y - \frac{L\,D\,D'}{2\,(D-D')} = o.$$

On voit que l'élimination du diamètre d' de la mèche produit en même temps celle du diamètre primitif d de la bobine (*). L'équation donne ainsi le profil du cône en fonction de sa longueur et des diamètres de ses bases. Si, comme cela se fait généralement, on prend le diamètre de la grande base double de celui de la petite, auquel cas on a $D = 2\,D'$, l'équation se simplifie encore et devient

$$x\,y + L\,y - \frac{L\,D}{2} = o. \qquad (4)$$

Il est clair que le cône ainsi déterminé étant indépendant des diamètres de la bobine et de la mèche, il convient à un banc quelconque devant produire n'importe quelle mèche avec n'importe quel diamètre primitif de bobine. Il suffira de régler convenablement au départ la position de la courroie sur les cônes ainsi que la longueur des déplacements de la courroie à chaque course.

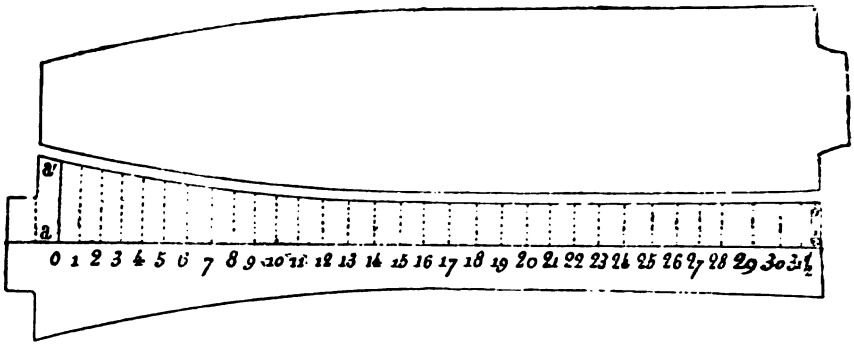
CONSTRUCTION DU PROFIL DES CÔNES. — L'équation (4) résolue par rapport à y donne

$$y = \frac{L\,D}{2\,(L+x)}.$$

(*) Voir la note de la page 361.

Digitized by Google

Supposons qu'on veuille un cône de 31 ½ pouces de lon-



gueur avec le plus grand diamètre de 6 pouces. Ces valeurs substituées dans l'équation donneront

$$y = \frac{94{,}5}{31{,}5 + x}.$$

Prenons une ligne $a\,b$ de 31 ½ pouces de longueur et aux divisions en pouces. De $a\,b$ élevons des perpendiculaires. Faisons successivement dans la dernière équation

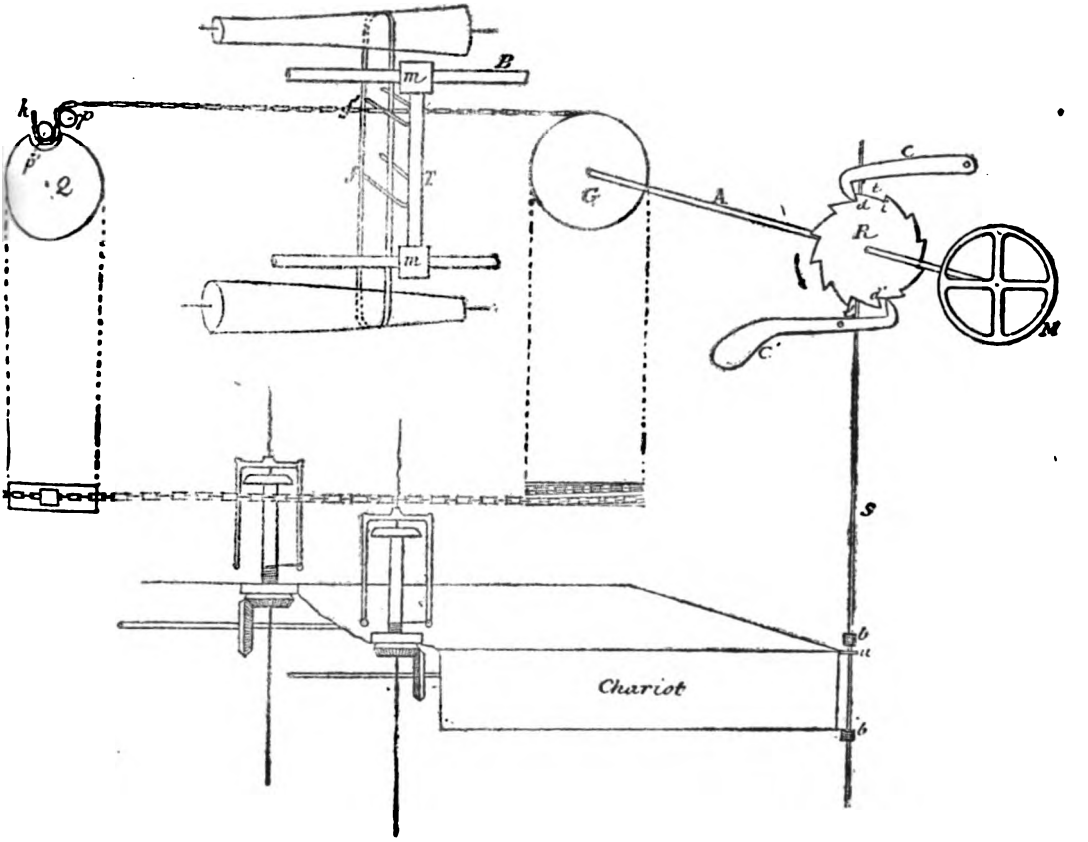
$$x = 0,\ x = 1,\ x = 2,\ \ldots\ldots\ x = 31\tfrac{1}{2},$$

Reportons les valeurs correspondantes qui en résultent pour y sur les perpendiculaires marquées 0, 1, 2, 3. 31 ½, puis par les extrémités faisons passer un trait continu. La ligne $a'\,b'$ ainsi obtenue sera le profil demandé. Comme il faut laisser un peu de marge à la courroie, nous avons augmenté la longueur d'un pouce de chaque côté.

Ce profil se trace très-soigneusement sur une plaque en forte tôle bien plane. Cette plaque sert à guider sur le tour l'instrument qui doit tailler le cône. Nous avons figuré deux modèles, l'un pour le cône concave, l'autre pour le cône convexe; quoique, à la rigueur, on puisse se servir du même modèle pour tailler les deux profils, attendu que ceux-ci, renversés, sont identiques.

Digitized by Google

DÉPLACEMENT DE LA COURROIE DES CÔNES. — Nous avons dit, page 63, que le chariot arrivant à l'une des extrémités de sa course butte contre un appareil qui déplace la courroie des cônes de la quantité voulue. Nous allons faire connaître la disposition de cet appareil.



Un axe horizontal A, perpendiculaire à la direction du banc qu'il traverse, porte deux roues qui lui sont solidaires. L'une est la roue à rochet R, l'autre la poulie à gorge héliçoïdale G. Autour de cette poulie est enroulée une chaîne fixée à la tige verticale T. Une autre chaîne fixée aussi à la tige T va passer sur deux petites poulies p p'. La poulie p tourne autour d'un axe fixé au banc;

Digitized by Google

la poulie p' est fixée à l'intérieur d'un poids Q. La chaîne est ensuite fixée au banc au point k. La tige T est terminée à chaque extrémité par un manchon m glissant à frottement doux sur les axes horizontaux B, B, parallèles au banc. Cette tige porte deux fourches f, f', entre les branches desquelles se trouve la courroie des cônes. Deux crochets c, c' appuient par leur bec sur le profil des dents de la roue R. Ils sont disposés de façon que quand un crochet arrête une dent, le bec de l'autre se trouve au milieu d'une dent opposée de la roue R. Le crochet supérieur agit par son propre poids ; le crochet inférieur par celui de sa partie gauche qui fait levier. Une tringle verticale s porte deux petits taquets t et t', plus deux bagues fixes b, b', distantes l'une de l'autre d'une quantité égale à la course du chariot. Cette tringle passe à travers un petit buttoir u fixé au chariot et situé entre les bagues b, b. La figure représente le chariot arrivé presque au haut de sa course. A ce moment le buttoir u vient presser contre la bague supérieure et soulever, au moyen du taquet t, le crochet C. La dent d de la roue R se trouve ainsi dégagée. Le poids O tirant la chaîne fait avancer la courroie vers la gauche, faisant en même temps tourner tout le système de l'axe A. Mais la roue R ayant tourné d'une demi-dent, se trouve arrêtée à la dent d' par le crochet c'. Elle cesse de tourner jusqu'au moment où le buttoir u allant presser la bague inférieure, dégage la dent d'. Le bec du crochet supérieur est alors au milieu de la dent d'. La roue R tourne donc encore d'une demi-dent, laissant avancer la courroie d'une quantité égale à la précédente et ainsi de suite à chaque course. Quant au nombre de dents de la roue R, il est variable et dépend du déplacement à donner à la courroie, déplacement qui, à son tour, dépend du N° de la mèche. Quand la bobine est pleine, une roue M, appelée main-douce, permet de ramener la courroie à sa position initiale pour recommencer une autre bobine.

Digitized by Google

NOTA. — La disposition que nous venons de décrire, pour la production des mouvements différentiels, n'est pas la seule; il en existe plusieurs autres dont nous parlerons plus loin, dans un appendice à la théorie du banc. Nous allons maintenant faire connaître les dimensions des organes du mouvement, et procéder, comme pour les étirages, au calcul des vitesses de la machine.

DIMENSIONS DES ORGANES ET CALCUL DES VITESSES DU BANC.

(Voir la figure page 236.)

Nous avons déjà dit, page 220, que l'étirage s'effectue au banc comme à l'étaleuse et aux doubleuses, par une disposition identique. La roue E calée à l'extrémité de l'arbre de commande du banc, commande, par intermédiaires, la roue O calée sur l'étireur. Une roue mariée à la roue O commande, par 4 intermédiaires, la roue R′ calée sur l'arbre de commande des vis. Celui-ci porte, à son autre extrémité, un pignon de 24 dents qui, au moyen de roues mariées, commande la roue *f* du fournisseur. Nous indiquerons, au fur et à mesure qu'elles se présenteront, les roues de rechange dont le nombre de dents est variable.

VITESSE DE L'ARBRE DE COMMANDE DU BANC. — Soient N la vitesse de la transmission et D le diamètre de sa poulie. Celle du banc ayant 24 pouces, la vitesse de l'arbre A est :

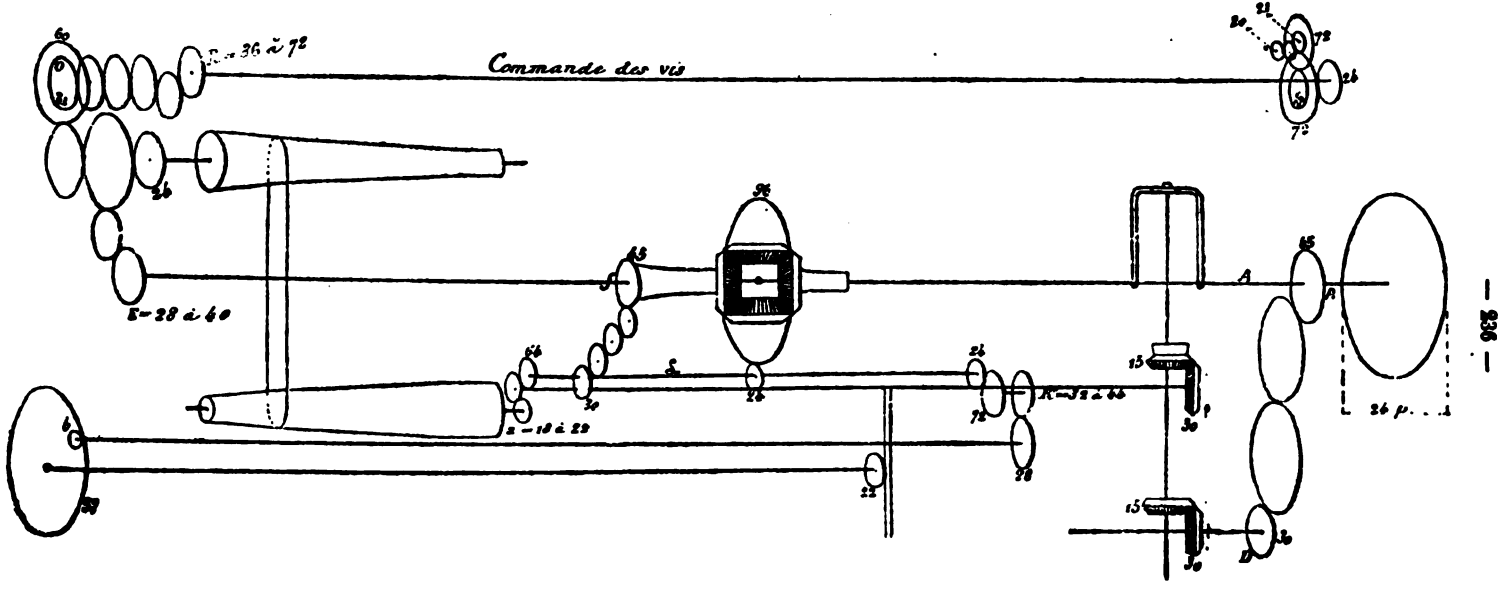
$$V_A = \frac{N \times D}{24}. \qquad (1)$$

VITESSE DES BROCHES. — La roue B calée sur l'arbre de commande A a 45 dents; la roue D calée sur l'arbre de commande des broches en a 30; cet arbre porte un pignon de 30 dents qui commande un pignon de 15 dents calé sur la broche. La vitesse des broches est donc :

$$V_{br} = \frac{N\,D \times 45 \times 30}{24 \times 30 \times 15} = \frac{N\,D}{8}. \qquad (2)$$

Digitized by Google

Dimensions des organes du banc-à-broches.



La lanterne sur tout son pourtour a 64 dents.		Longueur des vis	20 pouces.	Roue à rochet	12, 14, 16, 18 dents.
Etireur	2 pouces.	Ecartement des cylindres	22 1/2 »	Roue porte-chaîne	6 1/2 p. diam.
Fournisseur	2 »	Longueur des cônes	31 1/2 »	Bobines	8 sur 4 pouces.
Filet de vis	1/2 »	Diamètre id.	6 et 8 »	Poulie	24 pouces.

Digitized by Google

VITESSE DDS CÔNES. — *Cône supérieur.* — L'arbre A porte une roue E qui, par intermédiaires, commande un pignon de 24 dents calé sur l'axe du cône supérieur. La vitesse de ce cône est donc :

$$V_{c.s.} = \frac{N D E}{24 \times 24}. \qquad (3)$$

Cône inférieur. — Soit $(2\,y)$ le diamètre du cône supérieur à l'endroit où se trouve la courroie. Le diamètre du cône inférieur sera $3 + (6 - 2\,y)$, puisque les diamètres extrêmes sont de 6 et de 3 pouces, et que le cône inférieur gagne en diamètre ce que perd le cône supérieur. La vitesse du cône inférieur sera donc :

$$V_{c.i.} = \frac{N D E \times 2\,y}{24^2 \times (9 - 2\,y)}. \qquad (4)$$

VITESSE DE L'ARBRE L QUI COMMANDE LA ROUE DIFFÉRENTIELLE. — Cet arbre porte une roue de 64 dents qui est commandée par un pignon variable z, calé sur l'axe du cône inférieur. Sa vitesse est donc :

$$V_L = \frac{N D E\,(2\,y)\,z}{24^2\,(9 - 2\,y)\,64}. \qquad (5)$$

VITESSE DE LA ROUE DIFFÉRENTIELLE. — Cette roue a 96 dents et est commandée par un pignon de 24 dents calé sur l'axe L. Par conséquent sa vitesse est :

$$V_{R.dif.} = \frac{N D E\,(2\,y)\,z \times 24}{24^2\,(9 - 2\,y) \times 64 \times 96}. \qquad (6)$$

VITESSE DE LA ROUE S. — Nous avons vu, page 227, que la vitesse de la roue S égale celle de l'axe A diminuée de deux fois celle de la roue différentielle. Nous avons donc :

$$V_s = \frac{N D}{24} - \frac{2\,N D E\,(2\,y)\,z \times 24}{24^2\,(9 - 2\,y) \times 64 \times 96} = \frac{N D}{24}\left(1 - \frac{2\,E\,(2\,y)\,z}{64 \times 96\,(9 - 2\,y)}\right). \qquad (7)$$

Digitized by Google

VITESSE DE LA BOBINE. — La roue S a 45 dents ; elle commande une roue de 30 dents calée sur l'arbre de commande des bobines ; cet arbre porte un pignon de 30 dents en commandant un de 15 qui porte la bobine. La vitesse de celle-ci est donc :

$$V_{bo.} = \frac{N D \times 45 \times 30}{24 \times 30 \times 15}\left(1 - \frac{2 E (2 y) z}{64 \times 96 (9 - 2 y)}\right) = \frac{N D}{8}\left(1 - \frac{2 E (2 y) z}{64 \times 96 (9 - 2 y)}\right). \quad (8)$$

RETARD DE LA BOBINE SUR LA BROCHE. — Il suffit de prendre la différence des vitesses (2) et (8), ce qui donne :

$$R = \frac{N D}{8} - \frac{N D}{8}\left(1 - \frac{2 E (2 y) z}{64 \times 96 (9 - 2 y)}\right) = \frac{N D}{8} \times \frac{2 E (2 y) z}{64 \times 96 (9 - 2 y)}. \quad (9)$$

En divisant ce retard par la vitesse $\frac{N D}{8}$ des broches, on obtient le retard pour un tour de broche, soit :

$$r = \frac{2 E (2 y) z}{64 \times 96 (9 - 2 y)}. \quad (9 \text{ bis})$$

VITESSE DE LA ROUE R″ QUI COMMANDE LE PIGNON DE LANTERNE. — L'axe L porte un pignon de 24 dents lequel en commande un de 72 marié à la roue R″. La vitesse de celle-ci est donc celle (5) de l'axe L, multipliée par le rapport $\frac{24}{72} = \frac{1}{3}$, soit

$$V_{R''} = \frac{N D E (2 y) z}{24^2 (9 - 2 y) 64 \times 3}. \quad (10)$$

VITESSE DU PIGNON DE LANTERNE. — Ce pignon est calé sur un axe portant à son autre extrémité une roue de 80 dents, commandée par la roue R″ ; sa vitesse est donc celle (10) de R″ multipliée par le rapport $\frac{R''}{80}$, c'est-à-dire

$$V_{p. lant.} = \frac{N D E (2 y) z R''}{24^2 (9 - 2 y) 64 \times 3 \times 80}. \quad (11)$$

Digitized by Google

VITESSE DE LA LANTERNE. — La lanterne a 64 dents, commandée par un pignon de 6 dents. Sa vitesse est donc la précédente multipliée par le rapport $\frac{6}{64} = \frac{3}{32}$, soit

$$V_{lant.} = \frac{N\,D\,E\,(2\,y)\,z\,R''\,3}{24^2\,(9-2\,y)\,64 \times 3 \times 80 \times 32}. \qquad (12)$$

COURSE DE LA CRÉMAILLÈRE OU DU CHARIOT. — La lanterne a 64 dents sur son pourtour, mais 7 n'existent pas et laissent une partie évidée. Quand le pignon arrive à cette partie, il passe de l'intérieur à l'extérieur ou réciproquement, produisant ainsi un mouvement de rotation alternatif qui se reproduit au pignon de crémaillère. Celui-ci ne commande donc que $\frac{57 \times 22}{64} = 18$ dents de la crémaillère. Ces 18 dents sont réparties sur une longueur qui correspond exactement à celle de la course du chariot, ou encore à la longueur de la bobine, soit 8 pouces pour le banc qui nous occupe.

VITESSE DE L'ÉTIREUR. — L'étireur porte une roue de 60 dents, commandée au moyen d'intermédiaires, par le pignon variable E. Sa vitesse est donc celle (1) de l'arbre multipliée par le rapport $\frac{E}{60}$, soit

$$V_e = \frac{N\,D\,E}{24 \times 60}. \qquad (13)$$

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉTIREUR. — L'étireur ayant 2 pouces de diamètre, son développement est

$$d_e = \frac{N\,D\,E\,\pi \times 2}{24 \times 60}. \qquad (14)$$

VITESSE DU FOURNISSEUR. — L'étireur porte une roue mariée de 31 dents, laquelle commande, au moyen de 4 intermédiaires, la roue R′ calée sur la commande des vis.

Digitized by Google

Cette commande porte à son autre extrémité, une roue de 24 dents commandant une roue de 72, mariée à une de 25, laquelle en commande à son tour une de 72. Enfin celle-ci est mariée à une roue de 21 dents qui en commande une de 20, placée sur l'axe du fournisseur. La vitesse de celui-ci est donc

$$V_r = \frac{N\,D\,E\,31 \times 24 \times 25 \times 21}{24 \times 60 \times R' \times 72 \times 72 \times 20}. \qquad (15)$$

DÉVELOPPEMENT DU FOURNISSEUR. — Le diamètre du fournisseur étant de 2 pouces, son développement est

$$d_r = \frac{N\,D\,E \times 31 \times 24 \times 25 \times 21 \times \pi \times 2}{24 \times 60 \times R' \times 72 \times 72 \times 20}. \qquad (16)$$

LAMINAGE DU BANC. — Il suffit de diviser (14) par (16) ce qui donne, toutes réductions faites

$$L = \frac{d_2}{d_r} = \frac{288}{1085} R'. \qquad (17)$$

En prenant $R' = 36$, on a un laminage de 9,55 ; avec un pignon de 38 dents, le laminage serait un peu supérieur à 10 (*).

ABSORPTION DU BANC. — L'absorption totale du banc est égale au développement de son fournisseur multiplié par le nombre de broches, ou, ce qui est la même chose, par le nombre de rubans placés derrière la machine, soit 60. On a ainsi pour cette absorption

$$\frac{N\,D\,E\,31 \times 24 \times 25 \times 21 \times \pi \times 2 \times 60}{24 \times 60 \times 72 \times 72 \times 20 \times R'}.$$

Or il faut, dans le courant de la journée, faire de 16 à 18

(*) $\frac{1085}{288} = 3{,}767$, nombre constant par lequel il faut multiplier le laminage qu'on veut avoir au banc, pour trouver le nombre de dents du pignon de laminage correspondant.

Digitized by Google

levées de bobines, ce qui occasionne six ou sept minutes d'arrêt par levée, soit une perte de temps d'environ 20 %. L'absorption réelle est donc.

$$\frac{N\,D\,E\,31 \times 24 \times 25 \times 21 \times \pi \times 2 \times 60 \times 0{,}8}{24 \times 60 \times 72 \times 72 \times 20 \times R'}.$$

En écrivant que cette expression est égale à 6 fois le développement de l'un des 6 délivreurs du dernier étirage, on exprimera que le banc suit convenablement cet étirage. On a ainsi, en supprimant les facteurs communs aux deux membres

$$\frac{D\,E\,31 \times 25 \times 21 \times 2 \times 0{,}8}{R' \times 72 \times 72 \times 20} = \frac{24 \times 24 \times 48 \times 3 \times 6}{14 \times 80 \times 47}$$

d'où l'on tire

$$D = \frac{72^4}{10 \times 31 \times 47 \times 49} \times \frac{R'}{E} = 37{,}64\,\frac{R'}{E}. \qquad (18)$$

on voit qu'en prenant $E = R'$, il faudra une poulie d'environ 38 pouces. La vitesse des broches serait, avec une telle poulie

$$V_{br.} = \frac{135 \times 38}{8} = 641 \text{ tours.} \qquad (19)$$

c'est approximativement la vitesse qu'on donne à la plupart des bancs.

POSITION INITIALE DE LA COURROIE DES CÔNES. — Nous avons trouvé pour le développement de l'étireur

$$V_E = \frac{N\,D\,E \times \pi \times 2}{24 \times 60}.$$

Ce développement est la longueur de mèche produite en une minute, longueur que doit envider la bobine par son retard sur la broche. Comme on donne à la mèche une

Digitized by Google

légère torsion qui lui fait perdre environ 3 % de sa longueur, la longueur de mèche à envider par minute est en réalité

$$\frac{N\,D\,E\,\pi \times 2 \times 0{,}97}{24 \times 60}.$$

Or, nous avons vu page 78 (9) que le retard de la bobine sur la broche est

$$\frac{N\,D}{8} \times \frac{2\,E\,(2\,y)\,z}{64 \times 96\,(9-2\,y)}$$

$2y$ désignant le diamètre du cône supérieur à l'endroit où se trouve la courroie. Ce retard est le nombre de tours que perd la bobine sur la broche. Supposons une bobine dont le fût ait $1\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ pouces de diamètre. Sa circonférence sera $\frac{3\pi}{2}$, et le développement de l'un de ses points pendant le retard

$$\frac{N\,D}{8} \times \frac{2\,E\,(2\,y)\,z \times 3 \times \pi}{64 \times 96\,(9-2\,y) \times 2}.$$

si l'envidage est exact, ce développement doit être égal à la longueur de mèche $\frac{N\,D\,E\,\pi \times 2 \times 0{,}97}{24 \times 60}$ produite pendant le même temps, ce qui donne, après simplification

$$\frac{0{,}97}{15} = \frac{3 \times (2\,y)\,z}{64 \times 16\,(9-2\,y)}.$$

On voit que cette expression est indépendante du pignon de torsion E ainsi que du pignon de laminage R'. Elle renferme deux quantités arbitraires dont nous pouvons disposer, savoir : le pignon Z et le diamètre $2y$ du cône, diamètre qui détermine la position initiale de la courroie. Prenons un pignon Z de 18 dents. L'expression devient :

$$\frac{0{,}97}{15} = \frac{3 \times 18\,(2\,y)}{64 \times 16\,(9-2\,y)}.$$

Digitized by Google

On en tire

$$\frac{2y}{9-2y} = \frac{0{,}97 \times 64 \times 16}{3 \times 15 \times 18}$$

et

$$2y = 9 \times \frac{9{,}97 \times 64 \times 16}{3 \times 15 \times 18 + 0{,}97 \times 64 \times 16} = 4^{\text{pouces}}957.$$

Ainsi, à l'origine de la bobine, la courroie a sur le cône supérieur, la position qui correspond à un diamètre de 4 pouces 957, position facile à déterminer avec un compas d'épaisseur. On la fera correspondre avec la ligne médiane de la courroie.

Quelle est à ce moment la vitesse des bobines? Il suffit, pour l'obtenir, de remplacer dans la formule (8) page 238, $2y$ par sa valeur 4,957. On trouve ainsi :

$$V_{bo.} = \frac{135 \times 38}{8}\left(1 - \frac{2 \times 38 \times 4{,}957 \times 18}{64 \times 96 \times 4{,}043}\right) = 468 \text{ tours.}$$

TORSION DE LA MÈCHE. — Nous avons vu, page 242, que la longueur de mèche produite en une minute est, en tenant compte de la perte due à la torsion, de

$$\frac{N\,D\,E\,\pi \times 2 \times 0{,}97}{24 \times 60} \text{ pouces.}$$

La vitesse des broches par minute est, page 235, formule (2), de

$$\frac{N\,D}{8} \text{ tours.}$$

chaque tour de broche produit un tors sur la mèche. Si donc on divise le nombre de tours par le nombre de pouces de mèche, on aura le nombre de tors par pouce, soit

$$\frac{N\,D}{8} : \frac{N\,D\,E\,\pi \times 2 \times 0{,}97}{24 \times 60} = \frac{90}{\pi \times 0{,}97 \times E}.$$

Digitized by Google

On voit que la torsion par pouce dépend du pignon E, et qu'elle est en raison inverse du nombre de ses dents. C'est ce qui a fait donner à ce pignon le nom de pignon de torsion. Si nous prenons pour E le nombre déjà adopté de 38 dents, nous obtenons

$$\frac{90}{\pi \times 0{,}97 \times 38} = 0{,}7772.$$

Ainsi la torsion est 777 millièmes de tors par pouce. C'est une torsion tout-à-fait convenable. Si on voulait la modifier soit en plus soit en moins, il n'y aurait qu'à changer le nombre des dents du pignon E. Exemple:

Combien le pignon E doit-il avoir de dents pour que la torsion par pouce soit les $\frac{8}{10}$ d'un tors ?

$$\frac{90}{\pi \times 0{,}97 \times E} = 0{,}8$$

d'où

$$E = \frac{90}{\pi \times 0{,}97 \times 0{,}8} = 36{,}92$$

soit E = 37, puisque le nombre de dents doit être entier.

DÉTERMINATION DU DÉPLACEMENT DE LA COURROIE DES CÔNES A CHAQUE COURSE. — Supposons que la mèche produite par le banc soit destinée à produire au métier à filer du fil numéro 25, en l'étirant encore de 12. (Voyez les articles : numérotage; page 294; et torsion, page 308). Cette mèche aura, pour un même poids, une longueur 12 fois moindre que celle du fil et serait du numéro $\frac{25}{12}$ si on la tordait suivant la loi de torsion du fil. Or les diamètres de deux fils sont, comme on le verra à l'article torsion, en raison inverse des racines carrées de leurs

Digitized by Google

numéros. Nous avons donc, en désignant par d le diamètre du fil numéro 1, par d', celui du fil numéro $\frac{25}{12}$

$$\frac{d'}{d} = \frac{1}{\sqrt{\frac{25}{12}}}$$

d'où

$$d' = d\,\frac{\sqrt{12}}{5}.$$

Le diamètre du fil numéro 1 étant approximativement 0 pouce 0625, nous aurons en substituant

$$d' = 0{,}0625\,\frac{\sqrt{12}}{5} = 0^{p}{\cdot}03608.$$

Tel serait le diamètre de la mèche si elle recevait la torsion du fil numéro $\frac{25}{12}$, torsion qui est d'environ 3 tors par pouce. On a vu que la torsion réelle n'est que de 0,777. Or, nous pouvons admettre sans trop d'erreur que si au lieu de donner une torsion de 3 tors nous n'en donnons qu'une de 0,777, le diamètre de la mèche sera à peu près doublé. Le diamètre de la mèche du banc sera donc approximativement

$$d' = 0{,}03608 \times 2 = 0^{\text{pouce}}07216$$

soit en chiffre rond 0 pouce 072.

Nous avons vu qu'avec une bobine ayant un fût de $\frac{3}{2}$ pouces de diamètre, le diamètre du cône où se trouve la courroie à l'origine est de 4 pouces 957. A la seconde course le diamètre du fût de la bobine sera augmenté de deux fois le diamètre de la mèche et sera par conséquent $\frac{3}{2} + 0{,}07\times2\ \ 2 = 1^{p}{\cdot}644$. En raisonnant comme on l'a

Digitized by Google

fait pour déterminer la position initiale de la courroie, on trouve :

$$\frac{\mathrm{NDE}\,\pi \times 2 \times 0{,}97}{24 \times 60} = \frac{\mathrm{ND}}{8} \times \frac{2\,\mathrm{E}\,(2y)\,z\,\pi \times 1{,}644}{64 \times 96\,(9 - 2y)}$$

et après simplifications :

$$\frac{0{,}97}{15} = \frac{(2y) \times 9 \times 0{,}411}{64\,(9 - 2y)}.$$

on tire de là

$$2y = 9 \times \frac{0{,}97 \times 64}{15 \times 9 \times 0{,}411 + 0{,}97 \times 64} = 4^{\text{pouces}}864.$$

Ainsi à la deuxième course la courroie se trouve sur la partie du cône supérieur où le diamètre est de 4 pouces 864. Pour déterminer de combien la courroie s'est déplacée, prenons l'équation

$$xy + \mathrm{L}y - \frac{\mathrm{LD}}{2} = o$$

du profil du cône, et résolvons-la par rapport à x

$$x = \frac{\mathrm{LD}}{2y} - \mathrm{L} = \frac{31{,}5 \times 6}{2y} - \mathrm{L}.$$

En désignant par x_1 la valeur d'x qui correspond à la première position de courroie; par x_2 celle qui correspond à la seconde, nous aurons en remplaçant $2y$ par 4,957 et 4,864

$$x_2 = \frac{31{,}5 \times 6}{4{,}864} - \mathrm{L}$$

$$x_1 = \frac{31{,}5 \times 6}{4{,}957} - \mathrm{L}$$

Digitized by Google

d'où, en retranchant x_1 de x_2

$$x_0 = 31{,}5 \times 6 \left(\frac{1}{4{,}864} - \frac{1}{4{,}957}\right) = 31{,}5 \times 6 \times 0{,}0039 = 0^{p}{\cdot}7371$$

soit en chiffre rond $0^{p}{\cdot}75 = \frac{3}{4}$ de pouce.

Ainsi, à chaque course du chariot le déplacement de la courroie des cônes doit être de $\frac{3}{4}$ de pouce.

DÉTERMINATION DE LA ROUE A ROCHET. — La roue porte-chaîne, solidaire de la roue à rochet, a 6 $\frac{1}{2}$ pouces de diamètre; sa circonférence est donc

$$6{,}5 \times 3{,}1416 = 20^{p}{\cdot}42$$

En divisant cette circonférence par l'arc de 3/4 de pouce que doit à chaque course développer la roue pour laisser échapper 3/4 de pouce à la chaîne, on aura le nombre d'échappements pour chaque tour, soit

$$\frac{20{,}43 \times 4}{3} = 27{,}34$$

ou en chiffre rond 28 puisque le nombre d'échappements doit être entier.

Chaque dent de la roue à rochet fournissant deux déplacements, il faudra donc un rochet de 14 dents.

NOMBRE DE COURSES PAR LEVÉE. — On donne ordinairement à la bobine une longueur double de celle de son diamètre quand elle est pleine de mèche. La bobine du banc qui nous occupe a 8 pouces de course sur 4 de diamètre. En retranchant de ce diamètre celui (1 $\frac{1}{2}$) du fût, on a $4 - 1{,}5 = 2$ pouces 25 qui donne le double de l'esq ive. Cette esquive est donc de 1 pouce 25. En la divi-

Digitized by Google

sant par le diamètre 0 pouce 072 de la mèche on obtient le nombre de courses nécessaires pour remplir la bobine, soit

$$\frac{1,25}{0,072} = 17,36.$$

comme la mèche s'aplatit toujours un peu en s'enroulant, il faut compter environ 25 courses.

LONGUEUR DE LA MÈCHE PENDANT LA PREMIÈRE COURSE.— On peut, sans erreur sensible, considérer chaque spire comme égale à celle d'un anneau qui aurait même circonférence $\frac{\pi\ 3}{2}$ que le fût de la bobine. La longueur de mèche envidée pendant la première course sera donc cette circonférence multipliée par le nombre des spires. Or le nombre de spires égale la longueur de la bobine divisée par le diamètre 0 pouce 072 de la mèche. Comme la mèche en s'enroulant sur le fût s'aplatit un peu, son épaisseur dans le sens de la longueur de la bobine est légèrement supérieure à 0,072. Nons prendrons donc 0,08, au lieu de 0,072. Nous aurons ainsi pour le nombre des spires par course

$$\frac{8}{0,08} = 100.$$

La longueur de la mèche envidée pendant la première course sera donc

$$\frac{\pi\ 300}{2} = 471^{p}\cdot 24.$$

DURÉE DE LA PREMIÈRE COURSE. — La longueur à envider par minute est (page 82) $\frac{\text{NDE}\ 2\pi \times 0,97}{24 \times 60}$. On aura la

Digitized by Google

durée de la première course en divisant $\frac{\pi\, 300}{2}$ par cette longueur, ce qui donne, après simplification :

$$\frac{3000 \times 36}{\text{N D E} \times 0{,}97} = 0^{\text{min}}.571$$

soit environ 6 dixièmes de minute ou 36 secondes.

DÉTERMINATION DU PIGNON R″ QUI COMMANDE LE PIGNON DE LANTERNE. — En multipliant la vitesse (11) page 238

$$\frac{\text{N D E}\,(2\,y)\,z\,\text{R}''}{24^2 \times (9 - 2\,y) \times 64 \times 3 \times 80}$$

du pignon de lanterne par la durée de la première course, on obtient le nombre de tours que fait ce pignon pendant la durée de cette course, soit, en remplaçant $2y$ par 4,957 et Z par 18, puis simplifiant

$$\frac{4957 \times 8100 \times \text{R}''}{24^2 \times 4043 \times 64 \times 0{,}97}$$

Le pignon de lanterne ne commande que 57 dents après quoi le mouvement change de sens. Ce pignon ayant 6 dents, le nombre de tours qu'il doit faire pour produire une course est donc $\frac{57}{6} = \frac{19}{2}$. On a ainsi l'égalité

$$\frac{4957 \times 8100}{24^2 \times 4043 \times 64 \times 0{,}97}\,\text{R}'' = \frac{19}{2}$$

d'où l'on tire

$$\text{R}'' = \frac{19 \times 24^2 \times 4043 \times 64 \times 0{,}97}{4957 \times 16200} = 34{,}2.$$

Ainsi le pignon R″ doit avoir 34 dents pour la bonne marche du chariot.

Digitized by Google

LONGUEUR DE LA MÈCHE PAR BOBINE PLEINE. — Nous avons déjà dit qu'à chaque nouvelle course le diamètre de la bobine augmente de deux fois celui de la mèche. Les longueurs envidées aux courses successives seront donc, en appelant d le diamètre primitif du fût, d' celui de la mèche, et l la longueur de la bobine.

1re	course	$\pi d \frac{l}{d'}$
2e	id.	$\pi (d + 2 d') \frac{l}{d'}$
3e	id.	$\pi (d + 4 d') \frac{l}{d'}$
4e	id.	$\pi (d + 6 d') \frac{l}{d'}$
»	»	»
»	»	»
n^e	id.	$\pi (d + 2 (n-1) d') \frac{l}{d'}$

En ajoutant et appelant L_m la longueur totale, on a

$$L_m = \frac{\pi l}{d'} \left\{ n d + d' (0 + 2 + 4 + 6 + \ldots\ldots + 2 (n-1) \right\}$$

La quantité $(0 + 2 + 4 + 6 + \ldots\ldots + 2(n-1)$ est une progression par différence dont le premier terme est 0; la raison, 2; le nombre de termes, n; et le dernier terme $2(n-1)$. On sait que la somme des termes d'une telle progression égale la demi-somme du premier et du dernier terme multipliée par le nombre de termes. Nous avons donc

$$0 + 2 + 4 + 6 + \ldots\ldots + 2 (n-1) = \frac{0 + 2 (n-1)}{2} \times n = (n-1) n.$$

La dernière expression devient ainsi ;

$$L_m = \frac{n \pi l}{d'} \left\{ d + (n-1) d' \right\}$$

Digitized by Google

APPLICATION NUMÉRIQUE. — Nous avons trouvé que la bobine pleine se compose de 25 courses ayant chacune 100 spires. Conséquemment $n = 25$; $\frac{l}{d'} = 100$. D'autre part $d = 1^{p}.5$; $(n-1)\ d' = 24 \times 0{,}072$. En substituant nous aurons

$$L_m = 25 \times \pi \times 100\ (1{,}5 + 0{,}072 \times 24) = 25 \times \pi \times 100 \times 3{,}228 = 25352 \text{ pouces}$$

$$= \frac{25352}{36} = 704 \text{ yards.}$$

DURÉE DE PRODUCTION D'UNE BOBINE. — Il suffit de diviser la longueur L_m par la longueur $\frac{\text{NDE } 2\pi \times 0{,}97}{24 \times 60}$ à envider par minute. On obtient ainsi la formule générale.

$$T = \frac{n\,l \left\{ d + (n-1)\,d' \right\} \times 24 \times 60}{2\,\text{N D E} \times 0{,}97 \times d'}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs nous obtenons

$$T = \frac{25 \times 8\,(1{,}5 + 0{,}072 \times 19)\,24 \times 60}{2 \times 135 \times 38^{2} \times 0{,}97 \times 0{,}072} = 32^{\text{min.}} \text{ (environ).}$$

NOMBRE DE LEVÉES PAR JOURNÉE DE 12 HEURES. — La production d'une bobine exigeant une durée de 32 minutes et celle de la levée, une durée d'environ 7^{m}, il en résulte qu'il faut compter environ 39 minutes pour la production complète d'une bobine. En divisant 12×60, nombre de minutes de travail par 39, nous aurons le nombre de levées, soit

$$\frac{12 \times 60}{39} = 18{,}46$$

C'est-à-dire environ 18 levées par jour.

POIDS DE LA MÈCHE. — En désignant d'une manière

Digitized by Google

générale l^{iv} le laminage du banc, le poids de la mèche sera celui du ruban du dernier étirage divisé par l^{iv}, soit

$$P_m = 0{,}9224 \frac{n \times n' \times n'' \times n'''}{l \times l' \times l'' \times l''' \times l^{iv}} x.$$

Nous avons admis pour le banc un laminage d'environ 10, et nous avons supposé que la mèche, pour produire du fil N° 25, doit encore être étirée de 12 (page 245). Or du fil N° 25 est du fil tel qu'une échevette de 300 yards pèse $\frac{453}{25}$ grammes. 1 yard pèse donc $\frac{453}{300 \times 25}$. Conséquemment le yard de mèche qui doit encore être étirée de 12 pèse

$$P_m = \frac{453 \times 12}{300 \times 25}.$$

En égalant les seconds membres de ces expressions et remplaçant les lettres par leurs valeurs (page 218) on obtient

$$\frac{453 \times 12}{300 \times 25} = 0{,}9224 \frac{4 \times 8 \times 6 \times 8}{19{,}56 \times 12{,}1 \times 12 \times 12{,}2 \times 10} x$$

d'où l'on tire

$$x = \frac{453 \times 19{,}56 \times 12{,}1 \times 12 \times 12{,}2 \times 10 \times 12}{0{,}9224 \times 4 \times 8 \times 6 \times 8 \times 300 \times 25} = 177^{gr}{\cdot}3.$$

Tel est le poids qu'il faudrait étaler par yard sur chaque cuir de l'étaleuse pour produire, avec les données adoptées précédemment, du fil N° 25. Comme aux différentes machines il se produit une certaine quantité de déchet, il faut augmenter un peu ce poids si l'on veut que le fil ne soit pas trop léger.

Le poids du déchet dépend de la qualité et surtout du degré de propreté de la matière ; c'est à l'expérience qu'il faut demander des chiffres à ce sujet.

Digitized by Google

La formule générale pour la quantité de matière à étaler par yard est

$$x = \frac{453 \times l \times l' \times l'' \times l''' \times l^{iv} \times l^{v}}{0{,}0224 \times 300 \times n \times n' \times n'' \times n''' \times N}$$

N étant le N° du fil et l^{v} le laminage du métier à filer.

VÉRIFICATION DE LA MÈCHE DU BANC. — Le calcul nous a donné pour le poids du yard de mèche devant produire le fil N° 25 avec un laminage de 12

$$P_m = \frac{453 \times 12}{300 \times 25}.$$

Nous généraliserons cette formule en remplaçant l'étirage par L et le N° du fil par N. Nous avons ainsi

$$P_m = \frac{453 \times L}{300 \times N}.$$

Ce résultat, tout mathématique, n'est rigoureusement vrai qu'en théorie; dans la pratique on obtient presque toujours une mèche différant légèrement du poids précédent. Il en résulte qu'avant de la porter au métier il est nécessaire de la vérifier. Pour cela prenons sur différentes bobines des longueurs égales entre elles, et soit Q le poids de la longueur totale que nous appellerons λ. Le poids du yard sera $\frac{Q}{\lambda}$ et nous aurons

$$\frac{Q}{\lambda} = \frac{453 \times L}{300 \times N}$$

d'où

$$L = \frac{Q}{\lambda} \times \frac{300 \times N}{453}.$$

Telle est la formule qui donne le laminage du métier à filer en fonction du poids de la mèche du banc et du N° du fil.

Digitized by Google

Exemple numérique. 150 yards de mèche pesant $108^{gr}.72$, quel laminage faut-il donner au métier pour produire du fil N° 25?

$$L = \frac{108,72}{150} \times \frac{300 \times 25}{453} = 12.$$

On verra, à la théorie du métier à filer, comment on détermine les pignons de laminage.

Remarque I. — La vérification dont nous venons de parler doit se faire non-seulement pour la mèche du banc, mais aussi pour le ruban de l'étaleuse et ceux des doubleuses. Nous avons établi, pour chacune de ces machines, la formule qui donne le poids du yard de ruban à la sortie du délivreur. En pesant quelques yards de ruban et comparant le résultat au poids théorique, on verra aisément s'il y a lieu de modifier le laminage soit de l'étaleuse, soit de l'une des doubleuses, pour arriver au banc avec un ruban convenable.

Remarque II. — En examinant les formules qui, aux machines de préparation, donnent le laminage, on voit que ce laminage dépend du nombre de dents du pignon R′, mais qu'il est indépendant de la vitesse de l'étireur. La vitesse de l'étireur restant la même, il faut donc, pour modifier le laminage, modifier la vitesse du fournisseur. Or, on ne peut modifier la vitesse du fouruisseur sans modifier l'absorption de la machine. Lorsque l'on modifie le laminage de l'étaleuse, cette machine absorbe plus ou bien moins de lin, mais débite la même longueur de ruban, attendu que la vitesse du délivreur, qui dépend directement de celle de l'étireur, n'a pas changé. Conséquemment quand on modifie le laminage de l'étaleuse, l'équilibre établi entre sa production et l'absorption du premier doublage n'est pas rompu. Mais il en serait

Digitized by Google

autrement si, modifiant le laminage de l'une des doubleuses, on ne modifiait pas en même temps soit la vitesse de son étireur et celle des étireurs des machines qui suivent, soit la vitesse des étireurs de toutes les machines qui précèdent. Il résulte de là que pour conserver cet équilibre (et cela est indispensable si l'on ne veut pas avoir de machines qui chôment) il faut, quand on modifie le laminage d'une machine, modifier en même temps sa vitesse ainsi que celle des machines qui suivent, ou bien modifier la vitesse des machines qui précèdent. Nous allons montrer comment il faut procéder dans ce cas.

En comparant les formules qui donnent la vitesse de l'étireur, on voit que pour toutes les machines de préparation elles sont de la forme

$$V_e = \frac{N D R}{P A}$$

dans laquelle N désigne la vitesse de la transmission, D le diamètre de sa poulie, P celui de la poulie de la machine, R le nombre de dents d'un pignon de rechange, A une roue constante calée sur l'étireur et commandée par le pignon R. La formule renferme donc trois quantités variables D, R et P dont on peut disposer pour modifier la vitesse de la machine. Mais comme il est peu commode de modifier les poulies, c'est en général au moyen du pignon R qu'on modifie la vitesse. A cet effet, chaque machine possède un certain nombre de ces pignons. Cela posé, proposons-nous de modifier le laminage du premier doublage et de déterminer dans quel rapport il faut modifier la vitesse de la machine pour que l'équilibre entre son absorption et la production de l'étaleuse ne soit pas rompu.

Digitized by Google

1er PROBLÈME. — *Combien le pignon* R′ *du* 1er *doublage doit-il avoir de dents pour que le laminage soit de* 16,22?

Le laminage est donné par la formule (5) page 49. En y remplaçant L par 16, 22, on a

$$16{,}22 = \frac{15 \times 18}{47 \times 17} R'$$

d'où

$$R' = \frac{47 \times 17 \times 16{,}22}{18 \times 15} = 48 \text{ dents.}$$

2e PROBLÈME. — *Le pignon de laminage* R′ *ayant* 48 *dents au lieu de* 36, *par quel pignon faut-il remplacer le pignon de rechange* R = 24 *dents, pour que la vitesse du fournisseur reste la même?*

La vitesse du fournisseur est donnée par la formule (3) page 49. On voit que cette vitesse restera la même si le rapport $\frac{R}{R'}$ ne change pas. Nous avons donc

$$\frac{24}{36} = \frac{x}{48}$$

d'où

$$x = \frac{48 \times 24}{36} = 32 \text{ dents.}$$

3e PROBLÈME. — *Quelle devra, avec la modification apportée à la vitesse du* 1er *doublage, être la modification à apporter aux machines suivantes?*

En remplaçant au premier doublage le pignon R de 24 dents par un pignon de 32, la vitesse $\frac{N D' R}{14 \times 47}$ du délivreur est devenue les $\frac{32}{24} = \frac{4}{3}$ de ce qu'elle était précédemment. Pour que les étirages qui suivent absorbent la production du premier doublage, il faut donc augmenter

Digitized by Google

leur vitesse dans le même rapport $\frac{4}{3}$, ce qui revient à multiplier leur pignon de rechange R par $\frac{4}{3}$.

AUTRE SOLUTION. — *Le laminage du 1er doublage étant devenu* 16,22 *au lieu de* 12,1, *c'est-à-dire le pignon* R′ *de* 36 *dents ayant été remplacé par un pignon de* 48, *dans quel rapport faut-il modifier la vitesse des machines précédentes pour qu'elles ne produisent que ce que peut absorber le 1er doublage ?*

En supprimant au dénominateur de l'expression (3) page 209, le pignon de 36 dents pour le remplacer par un pignon de 48, on multiplie cette expression par 36, puis on la divise par 48, ce qui revient à dire qu'on la multiplie par $\frac{36}{48} = \frac{3}{4}$. La vitesse devenant, au premier doublage et pour le fournisseur, les 3/4 de ce qu'elle était, celle des machines qui précèdent doit être diminuée dans le même rapport, ce qui s'obtiendra en multipliant le nombre de dents de leur pignon de rechange R par 3/4.

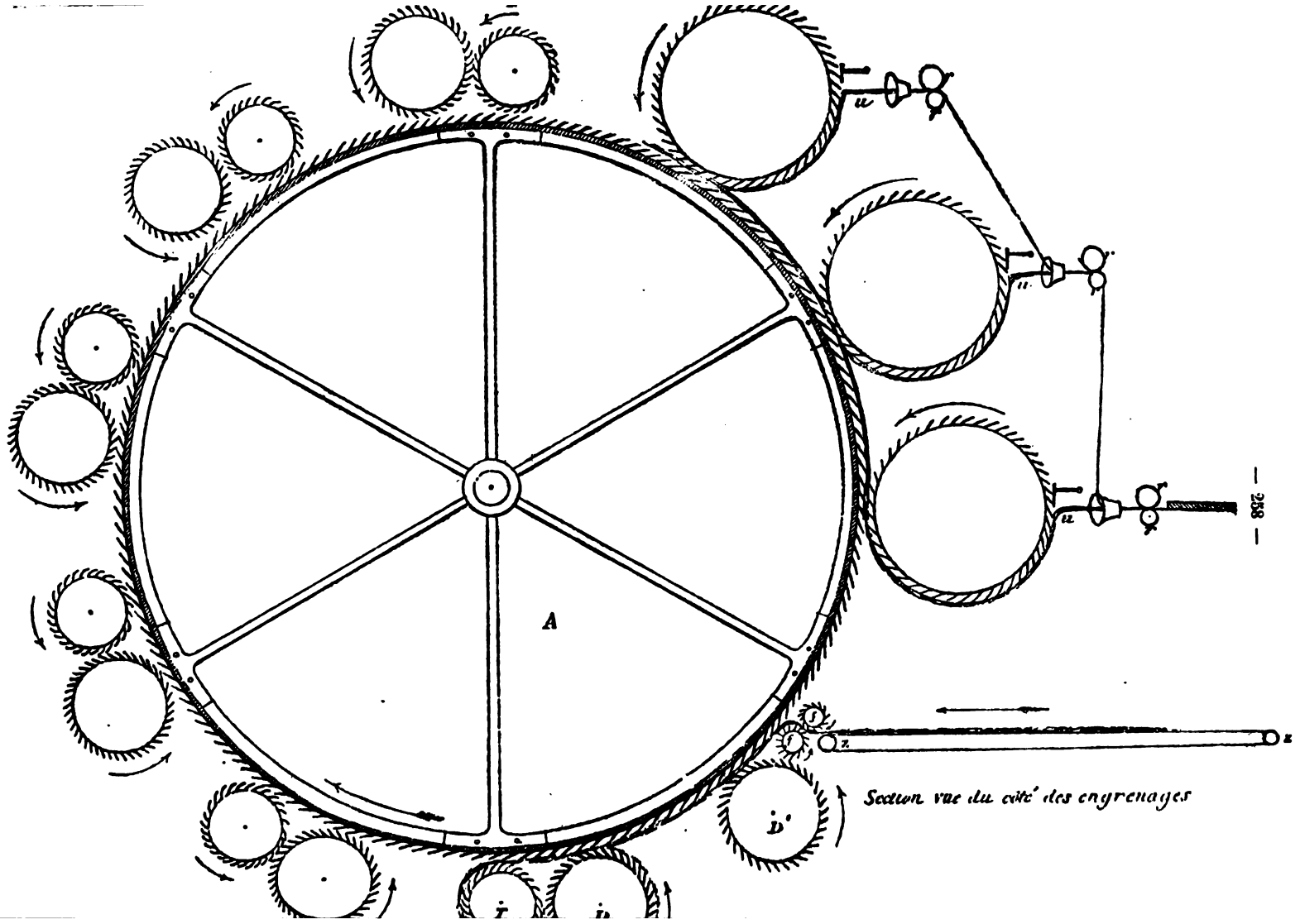
CARDAGE ET PRÉPARATION DES ÉTOUPES.

THÉORIE DE LA CARDE.

La carde est une machine qui a pour but de transformer les étoupes en un ruban continu, en divisant leurs fibres, les parallélisant, et les débarrassant des impropriétés telles que poussières, paillettes et autres corps étrangers qu'elles peuvent renfermer.

Nous prendrons pour type la carde actuellement la plus usitée. La figure suivante représente une coupe faite

Digitized by Google



Section vue du côté des engrenages

Digitized by Google

dans cette carde par un plan perpendiculaire à son axe. La machine se compose d'un grand cylindre en fonte A, appelé tambour, ayant extérieurement 5 pieds de diamètre sur 6 pieds de longueur. Ce tambour est armé sur son pourtour de dents ou pointes en acier, inclinées dans le sens de sa rotation. Généralement les pointes sont portées par des douves en bois fixées au tambour au moyen de vis. Quelquefois la garniture, au lieu d'être en bois, est en cuir épais.

Autour du tambour est disposée une série de paires de cylindres ou rouleaux D, T en fonte, de même longueur que le tambour, mais d'un diamètre beaucoup moindre. Ces rouleaux sont aussi armés de pointes, presque toujours au moyen d'une garniture en cuir. La carde qui nous occupe a six paires de rouleaux. A chaque paire le plus petit rouleau T est appelé le travailleur et a 7 pouces de diamètre. L'autre rouleau D s'ppelle débourreur et a 8 pouces de diamètre. La garniture des débourreurs est analogue à celle du tambour : pointes droites et peu inclinées. Aux travailleurs les pointes sont très-inclinées ; et généralement, afin de mieux retenir les étoupes, les deux ou trois premiers travailleurs ont leurs pointes courbées comme le montre la disposition ci-contre.

Des flèches indiquent, sur la figure, le sens de la rotation des rouleaux ainsi que la direction de leurs pointes.

Après la sixième paire de rouleaux et sur le devant de la carde, viennent trois rouleaux de 14 pouces de diamètre, appelés doffers. La garniture des doffers est analogue à celle des derniers travailleurs : pointes droites mais très-inclinées. Le degré de finesse de la garniture va aussi en augmentant de la première paire de rouleaux à la dernière.

Sous les doffers se trouve une table de même largeur

Digitized by Google

que le tambour, partagée en trois parties correspondant à trois cuirs sans fin, marchant dans le sens de la flèche, et mus par deux rouleaux *z z*.

Voyons maintenant comment s'opère le travail.

Les étoupes sont étalées sur les cuirs sans fin de façon que sur une même longueur, 1 mètre, par exemple, le poids des étoupes étalées soit constant. Les cuirs, par leur mouvement, amènent les étoupes en regard de deux rouleaux *ff*, appelés fournisseurs, et armés de pointes un peu inclinées à leur surface. Les étoupes s'engagent entre les fournisseurs qui viennent les présenter au tambour. Celui-ci tournant avec une grande rapidité (de 160 à 180 tours par minute), attaque les étoupes qu'il brise, enlève et entraîne vers les rouleaux suivants.

On voit par le sens du mouvement des fournisseurs que celui du haut cède facilement ses étoupes au tambour et ne peut guère s'engorger. Il n'en est pas de même du fournissaur inférieur qui, tournant comme s'il était commandé par le tambour, peut entraîner les étoupes pour les ramener vers la nappe étalée sur les cuirs. Aussi pour empêcher cet effet nuisible de se produire a-t-on placé immédiatement au-dessous un débourreur D' qui enlève les étoupes que le tambour n'aurait pas saisies; les pointes du tambour attaquant à revers celles de ce débourreur avec une vitesse supérieure, on conçoit aisément qu'elles doivent lui enlever toutes ses étoupes.

Il résulte donc de ce qui précède qu'à partir du débourreur D', le tambour est chargé d'étoupes qu'il conduit vers la première paire de rouleaux. A l'inspection du sens des rotations et de la direction des pointes, il est facile de se rendre compte de la façon dont s'opère le travail.

En effet, la vitesse à la circonférence du tambour étant supérieure à la vitesse à la circonférence du débourreur D, les étoupes du tambour glissent sur les pointes du débourreur qui ne peut les retenir, et continuent leur marche

Digitized by Google

vers le travailleur T. Celui-ci tourne très-lentement. Les garnitures du tambour et du travailleur se présentent pointe à pointe, et les pointes du tambour courent pour ainsi-dire après celles du travailleur qu'elles dépassent. Il résulte de cette disposition que les pointes du travailleur étant dépassées de vitesse par celles du tambour, accrochent les étoupes que porte le tambour, les retiennent et les entraînent, sous forme floconneuse, vers le débourreur D: et c'est cette opération qui, à proprement parler, constitue le cardage. Quant au débourreur D, sa vitesse étant beaucoup plus grande que celle du travailleur, et ses pointes attaquant à revers celles de ce dernier, il s'empare à petites quantités des étoupes qu'il vient présenter dans un état plus parfait au tambour. Celui-ci s'en empare comme il a fait au 1er débourreur D', en recède une partie au travailleur T et conduit le reste aux rouleaux suivants où le même travail se répète. Il est clair qu'au fur et à mesure qu'on avance, les rouleaux sont de plus en plus rapprochés entre eux et du tambour.

A partir de la sixième paire de rouleaux, les étoupes ont atteint un degré de division et de parallélisme à peu près suffisant. Elles sont alors déposées par le tambour sur les trois doffers de la même manière qu'elles ont été déposées précédemment sur les travailleurs. Les doffers les amènent jusqu'en *u* ou des lames d'acier appelées couteaux et armées de petites dents viennent, par un mouvement saccadé très-vif, battre contre les doffers et en dégager les étoupes sous forme d'un voile. Ce voile est appelé par deux rouleaux *rr* entre lesquels il s'engage après avoir passé au travers d'un tube en forme d'entonnoir; ce tube a pour but de réduire la largeur du voile qui, au sortir des rouleaux, est transformé en un ruban d'environ trois pouces de largeur.

Comme le montre la figure, les trois rubans viennent se réunir en un seul sur une plaque à doubler, à la hauteur du doffer inférieur. Les doffers étant à des distances

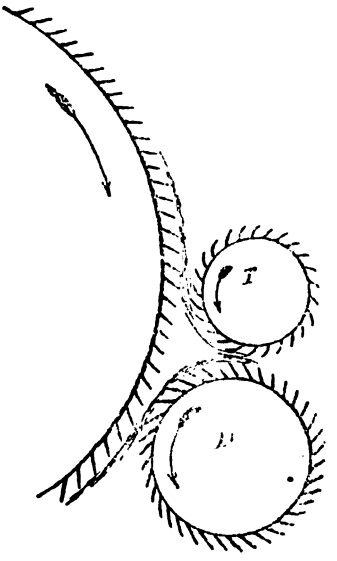
Digitized by Google

inégales du tambour, fournissent des étoupes qui, sous le rapport de la finesse, varient du premier au dernier: aussi sépare-t-on quelquefois les trois rubans pour avoir trois qualités d'étoupes.

La table à étaler ou tablier ayant trois divisions, il y a ainsi trois rubans triples qu'on réunit en un seul sur l'un des côtés de la carde où le ruban unique coule dans un pot jusqu'à ce qu'il ait la longueur voulue, longueur donnée par un mouvement de sonnette. Souvent avant de faire couler le ruban dans un pot on le soumet à un premier étirage au moyen d'un petit étirage soit à hérisson, soit à soleil et à barrettes, placé sur le côté de la carde. Le ruban suit ensuite les mêmes phases que le ruban de lin au sortir de l'étaleuse.

Du travail en dehors et du travail en dedans. — Inconvénients de chacun de ces modes de travail.

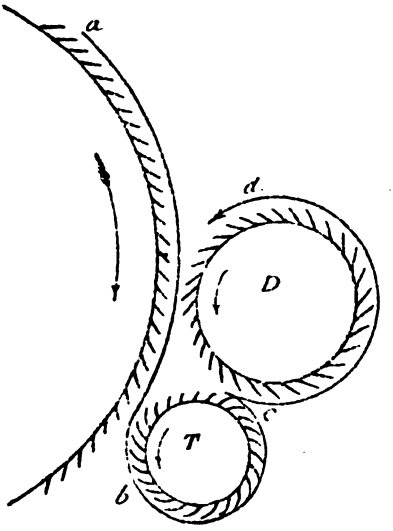
La disposition que nous venons d'indiquer est celle de la carde travaillant, comme on dit, en dehors. Les étoupes, en effet, font à chaque paire de rouleaux, le tour extérieur desdits rouleaux. Il existe une seconde disposition qui a pour but d'effectuer le travail dit en dedans. Dans ce cas, l'ordre des rouleaux est interverti : à chaque paire le travailleur précède le débourreur au lieu de le suivre. On voit qu'alors les étoupes déposées par le tambour sur le travailleur sont presque immédiatement reprises par le débourreur qui les recède au tambour. Nous allons mo trer que chacun de ces modes



Digitized by Google

de travail présente un vice capital des plus préjudiciables.

TRAVAIL EN DEHORS. — Dans ce mode, les étoupes prises au travailleur par le débourreur sont placées par celui-ci sur une nappe que le tambour amène des rouleaux précédents et qui est moins travaillée que celle qu'il y dépose. Il s'ensuit que cette nappe mieux travaillée doit, pour quitter une paire de rouleaux et passer à la paire suivante, traverser une nappe moins travaillée ; ou sinon il faut qu'elle recommence le chemin qu'elle a déja parcouru, comme on peut s'en convaincre en suivant la ligne *a b c d* qui indique sa marche. Si elle perce la nappe qui arrive, cela ne peut être qu'au détriment du cardage déjà effectué et les fibres au lieu de continuer à se paralléliser doivent en partie se remêler et s'enchevêtrer à nouveau ; si elle ne perce pas cette nappe, elle est assujettie à tourner dans une espèce de dédale dont elle ne sortira que quand le travailleur sera trop chargé ; et encore alors seront-ce les étoupes amenées en dernier lieu qui passeront les premières. Le vice que nous signalons est évidemment des plus graves, et à côté du décardage qui doit se produire à chaque paire de rouleaux, il faut placer une détérioration de la matière, due à ce que celle-ci est trop tourmentée : il doit indubitablement en résulter une grande quantité de déchet.



TRAVAIL EN DEDANS. — Le travail en dedans supprime

l'inconvénient précédent ; car les étoupes prises au travailleur par le débourreur sont placées sur le tambour à un endroit où la nappe n'est pas encore arrivée. Mais d'un autre côté, le travail doit s'effectuer complétement dans l'espace triangulaire très-restreint compris entre le tambour, le travailleur et le débourreur. Il en résulte que si la matière est longue ou peu ouverte, il se forme des boudins qui conduisent aux mêmes conséquences : Détérioration de la matière et déchet. A la suite des réflexions qui précèdent se pose naturellement cette question : Y a-t-il un remède à ces inconvénients ? Nous n'hésitons pas à répondre affirmativement, et nous croyons qu'il serait très-facile de construire une carde supprimant non-seulement les inconvénients signalés, mais bien d'autres encore que nous passons sous silence, notre but n'étant pas de faire la critique des machines actuelles, mais de montrer comment elles fonctionnent, ainsi que d'exprimer mathématiquement leur travail. Cela dit, revenons à la théorie.

DISPOSITION ET DIMENSION DES ORGANES DU MOUVEMENT.

(Fig. p. 266 et 267.)

La carde reçoit son mouvement d'une transmission au moyen d'un poulie P de 24 pouces de diamètre, calée sur l'arbre du tambour. Cet arbre porte une autre poulie de 20 pouces qui commande des poulies de 16 pouces calées sur les arbres des débourreurs. Cette même poulie en commande encore deux autres : la poulie p de douze pouces qui fait mouvoir les couteaux, et la poulie p' qui donne le mouvement au petit étirage annexé à la carde. Les poulies des débourreurs et celle du mouvement des couteaux sont commandées par la même courroie dont la disposition et le sens de la marche sont indiqués par des flèches. Une poulie Q, dite de tension, permet de tendre

Digitized by Google

fortement cette courroie et d'empêcher ainsi des glissements de se produire. La poulie de l'étirage est commandée par une courroie spéciale qui, sur la poulie P′, se trouve placée sous celle qui commande les débourreurs.

A l'autre extrémité de l'arbre du tambour est calé un pignon E de 54 dents : Ce pignon commande par deux roues mariées, la roue *d′* calée sur l'arbre du doffer du milieu. La roue *d′* transmet ensuite, au moyen d'intermédiaires, le mouvement aux roues *d′* et *d″* calées sur les axes des deux autres doffers. On voit encore que les roues *d*, *d′*, *d″* transmettent, au moyen d'intermédiaires, le mouvement aux délivreurs D, D′, D″.

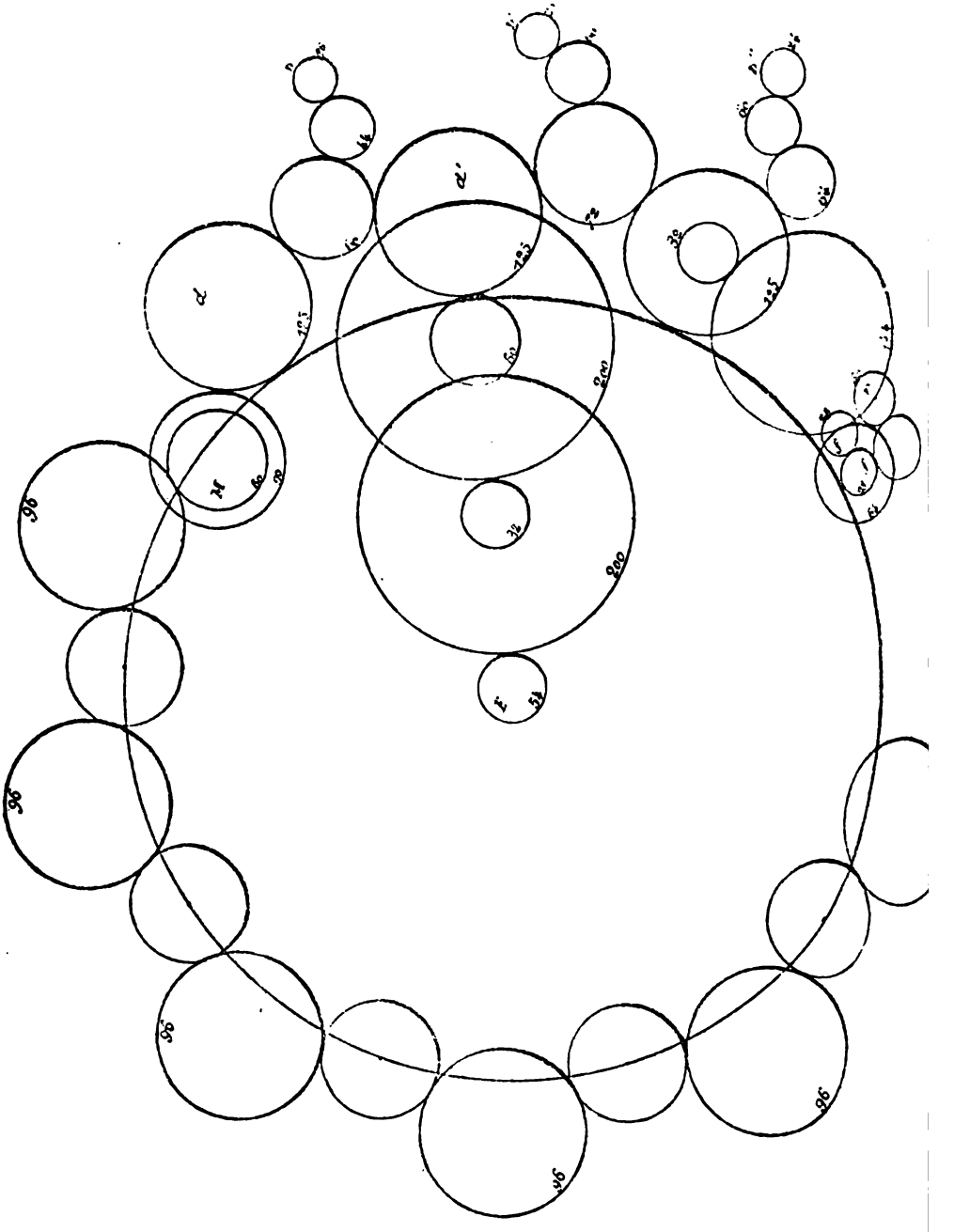
Une roue mariée M reçoit par ses 90 dents le mouvement de la roue *d*, et le transmet par ses 60 dents à une roue de 96 dents calée sur l'arbre du dernier travailleur. Dans la carde qui nous occupe tous les travailleurs marchant à la même vitesse portent les mêmes roues. On voit que le mouvement se transmet du dernier au premier, au moyen d'intermédiaires.

La roue *d″* du dernier doffer est mariée à un pignon de 32 dents qui, par un intermédiaire de 144, commande une roue de 64, calée sur l'axe du fournisseur. Celui-ci porte un pignon de 28 dents qui en commande directement un pareil calé sur le fournisseur supérieur ; il commande encore, par un intermédiaire, une roue de 30 dents calée sur le rouleau des cuirs sans fin.

Enfin les arbres des doffers portent du côté des poulies des pignons de 54 dents commandant par un intermédiaire une roue de 18 dents calée sur l'axe d'un rouleau en bois de quelques pouces de diamètre. Ces rouleaux sont armés de crins disposés selon des hélices de même pas, formant ainsi des brosses héliçoïdales. Ces brosses en tournant attaquent à revers les pointes des doffers qu'elles nettoyent en leur enlevant des duvets et les étoupes très-courtes que les couteaux n'ont pu dégager.

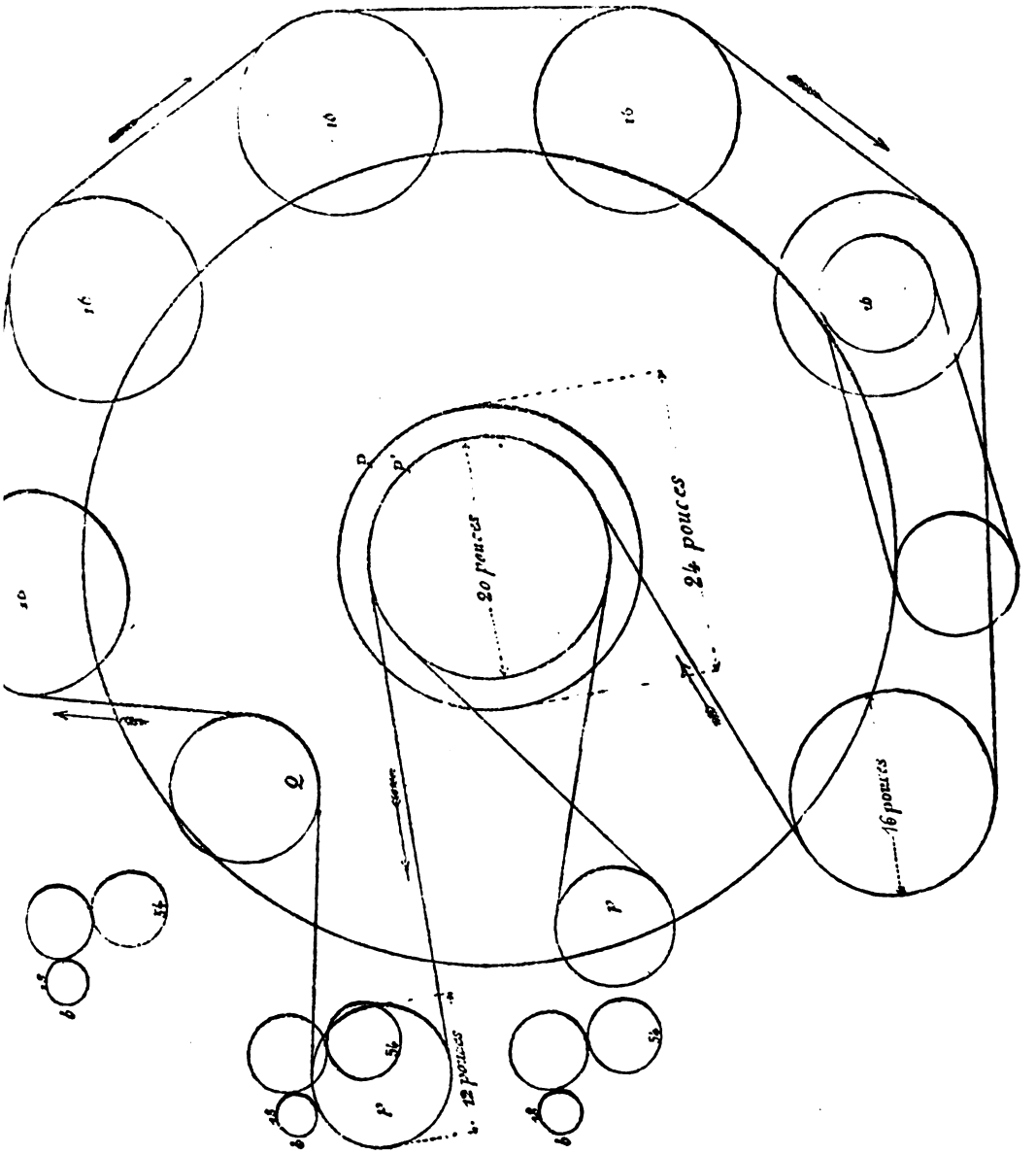
Digitized by Google

Vue de la carde, côté des engrenages.



Digitized by Google

Vue de la carde, côté des poulies.



Digitized by Google

CALCUL DES VITESSES.

VITESSE DU TAMBOUR. — Soient N la vitesse de la transmission, D le diamètre de sa poulie ; celle du tambour étant de 24 pouces, la vitesse cherchée est :

$$V_{ta.} = \frac{N\,D}{24}. \qquad (1)$$

On déterminera D d'après la vitesse de la transmission et celle que doit avoir le tambour. Si la transmission fait 135 tours à la minute, et si le tambour doit en faire 175, on aura :

$$D = \frac{175 \times 24}{135} = 31^{p}.111,$$

soit 31 pouces (fort).

DÉVELOPPEMENT DU TAMBOUR. — Le tambour ayant 5 pieds, soit 60 pouces de diamètre, sa circonférence est $\pi \times 60$. Le développement du tambour par minute est donc :

$$d_{ta.} = \frac{N\,D\,\pi \times 60}{24}. \qquad (2)$$

VITESSE DES DÉBOURREURS. — Tous les débourreurs tournent à la même vitesse et sont armés d'une poulie de 16 pouces, commandée par une de 20, ayant même vitesse $\frac{N\,D}{24}$ que le tambour. Leur vitesse est donc :

$$V_{dé.} = \frac{N\,D \times 20}{24 \times 16}. \qquad (3)$$

Si le tambour marche à 175 tours, les débourreurs marchent à :

$$175 \times \frac{20}{16} = 218^{tours}75.$$

Digitized by Google

DÉVELOPPEMENT DES DÉBOURREURS. — Les débourreurs ayant 8 pouces de diamètre, ont $\pi.8$ pouces de circonférence. Leur développement est :

$$d_{dé.} = \frac{N\,D \times 20 \times \pi \times 8}{24 \times 16}. \qquad (4)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DU TAMBOUR A CELUI DES DÉBOURREURS. — Il suffit de diviser (2) par (4) ce qui donne :

$$\frac{d_{ta.}}{d_{dé.}} = \frac{60 \times 16}{20 \times 8} = 6. \qquad (5)$$

VITESSE DES DOFFERS. — Le pignon E de 54 dents, calé à l'autre extrémité de l'arbre du tambour a même vitesse $\frac{N\,D}{24}$ que ce tambour. En appliquant la formule de la page 36 sur la transmission du mouvement par roues mariées, on trouvera sans peine pour la vitesse de d' qui est celle des doffers.

$$V_{dof.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60}{24 \times 200 \times 200 \times 125} \qquad (6)$$

Si le tambour marche à 175 tours, les doffers marchent donc à :

$$\frac{175 \times 54 \times 32 \times 60}{200 \times 200 \times 125} = 3^{\text{tours}}628.$$

DÉVELOPPEMENT DES DOFFERS. — Les doffers ont 14 pouces de diamètre, et par suite $\pi.14$ pouces de circonférence. Leur développement est donc :

$$d_{dof.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 14}{24 \times 200 \times 200 \times 125}. \qquad 7)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DU TAMBOUR A CELUI DES DOFFERS. — Il suffit de diviser (2) par (7), ce qui donne :

$$\frac{d_{ta.}}{d_{dof.}} = \frac{60 \times 200 \times 200 \times 125}{54 \times 32 \times 60 \times 14} = 206,7. \qquad 8)$$

Digitized by Google

VITESSE DES TRAVAILLEURS. — En multipliant la vitesse (6) du doffer d, par le rapport $\frac{125}{90}$ on aura la vitesse de la roue M, qui, multipliée par le rapport $\frac{60}{90}$ donnera celle des travailleurs :

$$V_{tr.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times 62}{24 \times 200 \times 200 \times 90 \times 96}. \qquad (9)$$

Le tambour marchant à 175 tours, les travailleurs marchent à :

$$\frac{175 \times 54 \times 32 \times 60 \times 60}{200 \times 200 \times 90 \times 96} = 3^{\text{tours}}15.$$

DÉVELOPPEMENT DES TRAVAILLEURS.— Leur diamètre étant de 7 pouces, il suffit, pour avoir leur développement de multiplier leur circonférence $\pi.7$ par la vitesse précédente, ce qui donne :

$$d_{tr.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times 60 \times \pi.7}{24 \times 200 \times 200 \times 90 \times 96}. \qquad (10)$$

RAPPORT DU DÉVELOPPEMENT DU TAMBOUR A CELUI DES TRAVAILLEURS. — Il est égal au quotient de (2) par (10), soit, après simplifications :

$$\frac{d_{ta.}}{d_{tr.}} = \frac{60 \times 200 \times 200 \times 90 \times 96}{54 \times 32 \times 60 \times 60 \times 7} = 476{,}19.$$

COMPARAISON DES RAPPORTS DU DÉVELOPPEMENT DU TAMBOUR A CEUX DES AUTRES ROULEAUX. — Nous avons trouvé pour rapport du développement du tambour :

A celui des travailleurs . . .	476,19
A celui des débourreurs . . .	6,00
A celui des doffers	206,70

Ces nombres indiquent le nombre d'unités de longueur que développe un point du tambour pendant qu'un point

Digitized by Google

de l'un des rouleaux développe une unité. Pour rendre ces rapports plus faciles à interprêter, nous allons chercher le développement d'un point de chacun des rouleaux quand un point du tambour développe 1,000 unités. Pour cela, il suffit de diviser 1,000 par les nombres précédents. Nous voyons ainsi que

Quand le tambour développe 1,000 unités :	
Les travailleurs en développent. .	2,1
Les débourreurs	166,67
Les doffers	4,838

Il est évident que du bon choix de ces rapports doit dépendre la bonne qualité du travail de la carde. Qu'est-ce qui doit guider le filateur dans ce choix ? sans contredit, l'expérience. Les rapports qui précèdent sont-ils les meilleurs ? Nous l'ignorons. Aussi, laissons-nous le soin de la réponse à ceux qu'une longue pratique de la filature a rendus plus compétents que nous sur cette matière.

VITESSE DES FOURNISSEURS. — L'axe du dernier doffer d'' porte un pignon de 32 dents qui, au moyen d'un intermédiaire de 144, commande une roue de 64 dents, calée sur le fournisseur inférieur. La vitesse de ce fournisseur est donc celle $\frac{N D \times 54 \times 32 \times 60}{24 \times 200 \times 200 \times 125}$ des doffers, multipliée par le rapport $\frac{32}{64} = \frac{1}{2}$, soit :

$$V_{four.} = \frac{N D \times 54 \times 32 \times 30}{24 \times 200 \times 200 \times 125} \qquad (11)$$

Une roue de 28 dents, que porte le fournisseur inférieur, en commande une identique calée sur le fournisseur supérieur : celui-ci a donc même vitesse que le fournisseur inférieur.

DÉVELOPPEMENT DES FOURNISSEURS. — Le diamètre des

Digitized by Google

fournisseurs est à l'extrémité des pointes des 3 ¼ pouces; mais les pointes pénétrant dans les étoupes, on ne doit compter pour diamètre effectif au développement qu'environ 3 1/8 = $\frac{25}{8}$ de pouce. On aura donc le développement des fournisseurs en multipliant leur circonférence effective $\frac{\pi 25}{8}$ par leur vitesse, ce qui donne :

$$d_{four.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 30 \times \pi \times 25}{24 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8}. \qquad (12)$$

VITESSE DES CUIRS SANS FIN. — La roue de 28 dents, calée sur le fournisseur inférieur, commande, par un intermédiaire, une roue de 30 dents calée sur l'axe du rouleau des cuirs. La vitesse de ce rouleau est donc celle des fournisseurs multipliée par le rapport $\frac{28}{30}$, soit :

$$V_{r.} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 28}{24 \times 200 \times 200 \times 125}. \qquad (13)$$

DÉVELOPPEMENT DES CUIRS. — Les cuirs viennent augmenter le diamètre du rouleau du double de leur épaisseur ; l'épaisseur de ces cuirs est d'environ une ligne. Le rouleau a 3 pouces de diamètre ; en ajoutant une ligne (*), on a pour diamètre effectif 3 1/8 = $\frac{25}{8}$, et pour circonférence médiane $\frac{\pi 25}{8}$. On a ainsi pour le développement du rouleau ou mieux pour celui des cuirs :

$$d_{cuirs} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 28 \times \pi \times 25}{24 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8}. \qquad (14)$$

En comparant les formules (19) et (14), on voit qu'elles diffèrent par les facteurs 30 et 28 placés aux numérateurs, le facteur 28 étant au développement des cuirs. Il en résulte que ce dernier développement est légèrement inférieur

(*) Voir la note de la page 201.

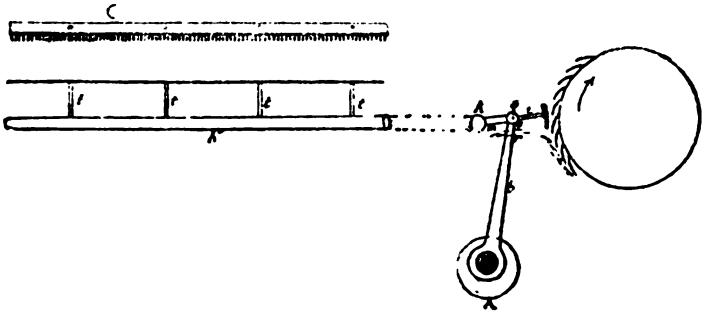
Digitized by Google

à celui des fournisseurs. Cette disposition a pour but de faire tendre tant soit peu la nappe d'étoupes étalée sur les cuirs et de l'empêcher de venir s'amonceler en regard des fournisseurs. La tension, du reste, est trop faible pour produire des ruptures dans la nappe qui, n'étant pas retenue, glisse sur les cuirs. Quand au glissement, il est aussi très-faible. Pour l'obtenir, il suffit de prendre le rapport des développements, ce qui donne :

$$\frac{d_{t.}}{d_{c.}} = \frac{30}{28} = 1{,}035.$$

Ce résultat montre que quand les cuirs ont développé 1 mètre, par exemple, la nappe a avancé de 1 m. 035. Il y a donc un glissement de 0 m. 035 par mètre.

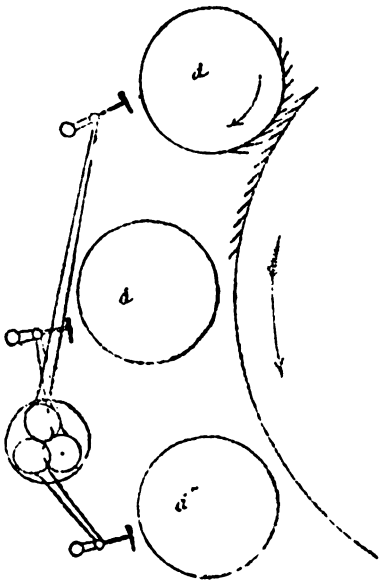
DISPOSITION ET FONCTIONNEMENT DES COUTEAUX. — Les couteaux sont des lames en acier *c* ayant environ 1 1/2



pouce de largeur, et taillées en peigne à leur partie inférieure. Les dents n'ont que quelques millimètres de longueur. Les couteaux sont fixés à un cylindre K au moyen de tiges en fer *t*. Ce cylindre K, placé parallèlement au doffer, repose par ses extrémités sur des coussinets. Ce cylindre est donc mobile autour de son axe. Il porte, du côté des poulies, une manivelle *m* qui lui est solidaire. Cette manivelle s'articule en *o* à une bielle *b*, laquelle est mue par un excentrique E calé sur l'arbre de commande

Digitized by Google

des couteaux. On voit que quand l'arbre A a fait une révolution, la bielle *b* a fait prendre au point *o* un mouvement alternatif *r s* répété par la tige *t* et par suite par le couteau C. A chaque tour de l'arbre A, le couteau vient donc frapper contre les dents du doffer qu'il attaque à revers et en détache les étoupes. Celles-ci vont alors, comme il a été dit plus haut, s'engager entre deux rouleaux d'appel et sont transformées en ruban. L'arbre A porte autant d'excentriques qu'il y a de doffers, comme le montre la seconde figure.



VITESSE DES COUTEAUX.— Chaque tour de l'arbre A produisant un coup de couteau, il y a par minute autant de coups de couteaux que l'arbre A fait de tours. Cet arbre porte une poulie de 12 pouces commandée par la poulie de 20 pouces calée sur l'arbre du tambour. La vitesse du tambour est $\frac{ND}{24}$. Celle du couteau est donc :

$$V_{cout.} = \frac{N\,D \times 20}{24 \times 12}. \qquad (15)$$

Si on suppose que le tambour fait 180 tours à la minute, la vitesse correspondante des couteaux sera

$$V_{cout.} = 180 \times \frac{20}{12} = 300 \text{ coups.}$$

VITESSE DES BROSSES. — Les brosses sont des cylindres en bois armés de pinceaux de crin disposés en hélices.

Digitized by Google

Elles sont placées un peu plus haut que les couteaux contre les doffers ; elles tournent dans le sens indiqué par la flèche ; leurs crins pénétrant entre les dents des doffers en enlèvent les duvets et les fibres courtes que les couteaux n'ont pu dégager. Les brosses sont disposées de telle façon que les crins attaquent successivement toutes les parties des doffers. Ceux-ci viennent ainsi se présenter au tambour dans un état complet de propreté. De temps en temps, on enlève avec des crochets les duvets et les matières courtes qui se sont enroulées autour des brosses.

Les brosses reçoivent leur mouvement des doffers, comme on peut le voir page 267, vue du côté des poulies. Le doffer porte une roue de 54 dents qui, au moyen d'un intermédiaire, en commande une de 18, calée sur l'arbre des brosses. La vitesse de celles-ci est donc celle des doffers multipliée par le rapport $\frac{54}{18} = 3$, soit :

$$V_{\text{brosses}} = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 30 \times 3}{24 \times 200 \times 200 \times 125}. \qquad (16)$$

ÉTIRAGE DE LA CARDE.

Nous allons montrer d'abord comment fonctionne l'étirage. — Sur le devant de la carde, au-dessus des cuirs sans fin, et à la hauteur des trois délivreurs inférieurs, se trouve une plaque à doubler *k* ayant la forme d'un trapèze. En regard de chacun des trois délivreurs, la plaque porte des ouvertures pratiquées à 45°, à travers lesquelles viennent passer les rubans produits par la carde. Au moyen de ces ouvertures, les rubans se trouvent repliés à 90° et viennent s'engager entre une première paire de

Digitized by Google

Fig. 3

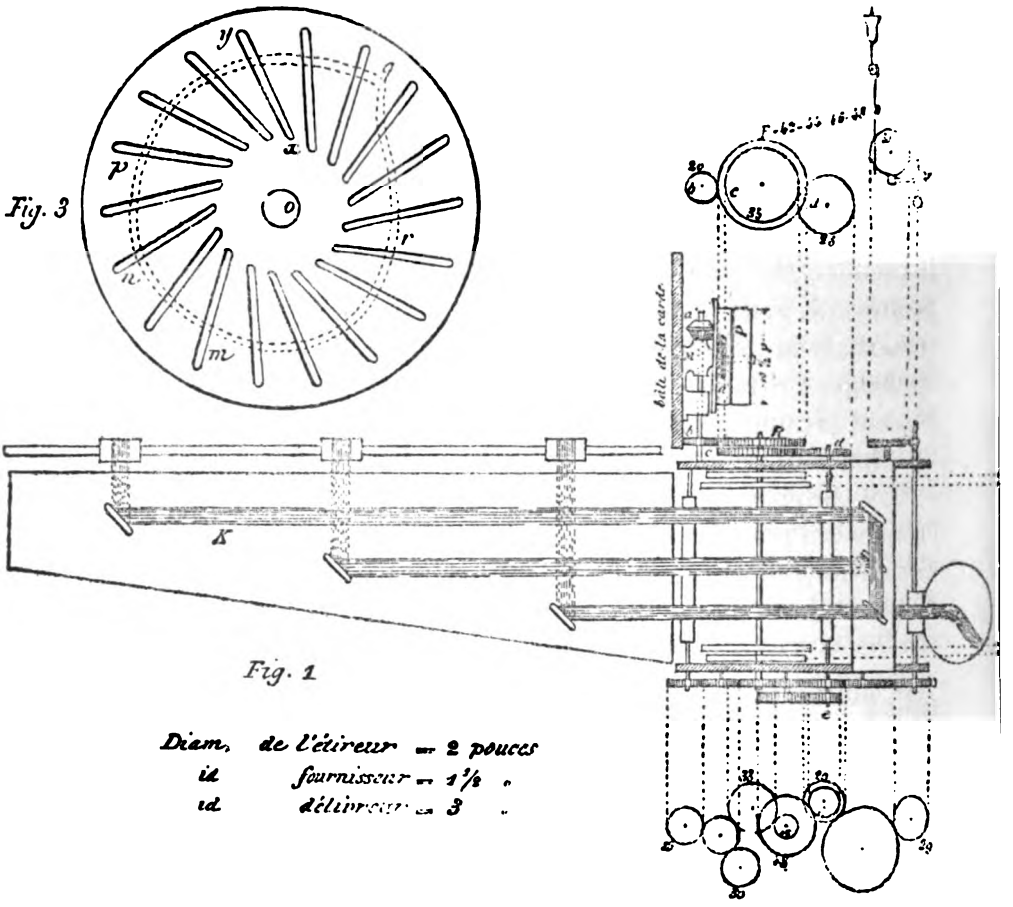


Fig. 1

Diam. de l'étireur = 2 pouces
id fournisseur = 1 1/2 "
id délivreur = 3 "

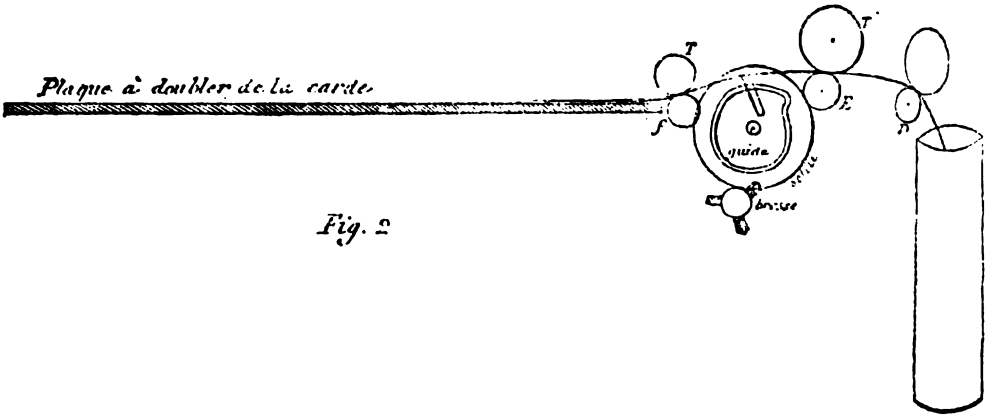


Fig. 2

Digitized by Google

de rouleaux *f* et T dont l'un, *f*, est le fournisseur, et l'autre, T, un rouleau de pression analogue à ceux des étaleuses. Quelquefois, les rubans au lieu d'être repliés au moyen d'ouvertures le sont au moyen de chevilles en fonte fixées à la plaque. — Au sortir de cette première paire de rouleaux, les rubans sont saisis par des peignes qui les conduisent en regard d'une seconde paire E et T', le premier, E, l'étireur; le second, T', un rouleau de pression. L'étireur ayant un développement supérieur à celui du fournisseur, il se produit, en conséquence, un laminage. En sortant de l'étireur les trois rubans passent par une plaque à doubler et vont se réunir en un seul au délivreur D pour tomber ensuite dans un pot. On voit donc que l'étirage annexé à la carde fonctionne à peu près de la même façon que les étirages ordinaires. Il n'y a de différence que dans la disposition des peignes. On a vu que dans les étirages ordinaires, ceux-ci sont fixés à des barrettes mues par des vis sans fin. Or, les vis ne peuvent conduire les barrettes qu'avec une vitesse limitée. Dans la carde, le développement du ruban est trop considérable pour qu'on puisse, avec des vis, obtenir une vitesse suffisante. Il a donc fallu remplacer les vis par une autre disposition. A cet effet, on emploie soit un hérisson, soit un mouvement de barrettes à soleil et à guides.

Le hérisson est tout simplement un cylindre armé de pointes. Mais avec cet appareil le travail se fait mal : les pointes n'étant qu'en un seul point bien normales au cordon et ayant un mouvement circulaire au lieu d'un mouvement de translation, il en résulte qu'elles pénètrent difficilement dans ce cordon, le peignent en y produisant des tiraillements. Aussi préfère-t-on l'étirage à soleil et à barrettes dont nous allons expliquer le fonction nement.

(*Fig.* 3.) Deux plaques en cuivre fixées aux montants ou têtes de l'étirage portent des rainures identiques *m n p q r*. Ces rainures sont les guides ou chemins des

Digitized by Google

barrettes. En regard de ces plaques et en dedans sont placés deux disques également en cuivre, appelés soleils, et dans lesquels on a pratiqué autant de rainures $x\,y$ qu'il y a de barrettes. Ces barrettes ont la forme indiquée en z. Leurs extrémités, qui sont cylindriques, pénètrent dans les rainures $m\,n\,p\,q\,r$. La partie plate contiguë à ces extrémités traverse la rainure des soleils, rainure dans toute l'étendue de laquelle elles peuvent se mouvoir. Le Le soleil en tournant entraîne avec lui les barrettes; mais celles-ci ayant leurs extrémités engagées dans les rainures des guides sont obligées de les suivre. Ces rainures sont faites de façon qu'à partir du point p au point q, distance entre le fournisseur et l'étireur, les pointes des peignes entrent presque perpendiculairement dans le cordon qu'elles quittent au point q. Là, la forme des rainures est telle que les pointes sortent des rubans presque normales à sa direction. Au-dessous du soleil se trouve une brosse héliçoïdale analogue à celles appliquées contre les doffers, et qui a pour but de nettoyer les gills.

Il est visible que les points de la rainure, compris entre p et q, étant inégalement distants du centre o, la vitesse des barrettes entre p et q n'est pas uniforme; par suite, il doit y avoir une légère irrégularité dans le laminage. Mais, cette irrégularité est moindre que celle qui résulte de l'emploi des hérissons: Dans tous les cas, faute de mieux, on est bien obligé de la subir.

DISPOSITION DES ORGANES DU MOUVEMENT. — Un manchon M est fixé au bâti de la carde, du côté des poulies. Ce manchon porte un axe autour duquel tourne la poulie P de commande de l'étirage. Cette poulie est commandée par la poulie de 20 pouces qui commande les débourreurs. Un pignon conique a, solidaire de la poulie P, commande un pignon conique identique a'; celui-ci est calé sur un axe parallèle au bâti de la carde et portant un pignon b. Ce pignon b commande la roue de rechange R, laquelle,

Digitized by Google

au moyen de la roue mariée c, commande la roue d, calée sur l'étireur. L'étireur porte à son autre extrémité deux roues : l'une de 20 dents commande, par un intermédiaire, une roue de 29 dents calée sur le délivreur ; l'autre, variable, portant ici 15 dents, en commande une de 48 ; celle-ci est mariée à une roue de 15 dents qui en commande une de 28, calée sur l'axe des soleils ; le soleil commande ensuite, au moyen d'un intermédiaire, deux autres roues : une de 16 dents, calée sur le fournisseur, une de 30 dents, calée sur l'axe des brosses. Enfin, le délivreur porte, du côté de la commande de l'étirage, un filet de vis qui commande une roue de 38 dents ; cette roue porte à son tour un filet qui commande une roue de 51 dents : c'est cette dernière roue qui fait fonctionner une sonnette pour avertir que le ruban tombant dans le pot a atteint la longueur voulue.

ABSORPTION DE LA CARDE. — La carde que nous venons de décrire peut travailler en moyenne 400 kilogr. d'étoupes par jour. Néanmoins, pour généraliser, nous désignerons le poids par x. Nous déduirons sur la journée de 12 heures 15 pour % pour les pertes dues aux arrêts, soit accidentels, soit pour le nettoyage. Le travail effectif se réduira ainsi à

$$12 \times 60 \times 0{,}85 = 612 \text{ minutes.}$$

La carde ayant trois cuirs, le poids d'étoupes à étaler par cuir et par journée de 612 minutes sera donc $\frac{x}{3}$, et pendant une minute $\frac{x}{3 \times 612}$. Or, cette quantité doit être étalée sur une longueur de cuir égale au développement des cuirs pendant une minute. On a vu, page 272, formule (14) que ce développement est de :

$$\frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 28 \times \pi \times 25}{24 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8} \text{ pouces.}$$

Digitized by Google

ou en divisant par 36, de

$$\frac{\mathrm{N\,D} \times 54 \times 32 \times 28 \times \pi \times 25}{24 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8 \times 36} \text{ yards.}$$

En divisant le poids $\frac{x}{3 \times 612}$ par ce nombre de yards, on aura le poids à étaler par yard sur chaque cuir, soit

$$\mathrm{P} = \frac{x \times 24 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8 \times 36}{3 \times 612 \times \mathrm{N\,D} \times 54 \times 32 \times 28 \times \pi \times 25}. \qquad (17)$$

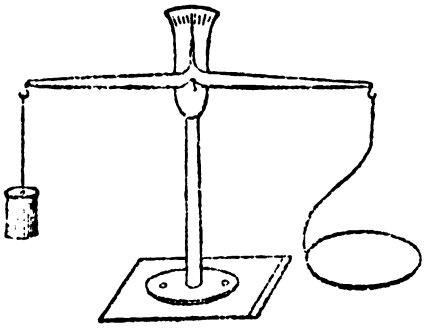
APPLICATION NUMÉRIQUE. — La carde marchant à 180 tours et devant travailler 400 kilos d'étoupes par jour, quel est le poids à étaler par yard sur chaque cuir ?

Nous avons $\frac{\mathrm{N\,D}}{24} = 180$, d'où $\frac{24}{\mathrm{N\,D}} = \frac{1}{80}$; $x = 400$. En substituant, il vient :

$$\mathrm{P} = \frac{400 \times 200 \times 200 \times 125 \times 8 \times 36}{3 \times 612 \times 180 \times 54 \times 32 \times 28 \times \pi \times 25} = 0^{k}{\cdot}04586$$

soit, en chiffre rond, 46 grammes.

Pour que l'étalage soit opéré régulièrement, des traits transversaux divisent les cuirs en longueurs égales, par exemple en 1/2 yards. Le poids des étoupes à étaler sur ces longueurs est alors la moitié de 46 grammes, soit 23 grammes. Une balance placée près de la carde porte d'un côté un plateau, de l'autre une boîte en ferblanc faisant équilibre au plateau. On place dans cette boîte un poids égal à celui des étoupes à étaler par division. L'ouvrier préposé aux soins de la carde fait des pesées et arrive ainsi à donner à l'étalage toute la régularité désirable.



Digitized by Google

VITESSE DES DÉLIVREURS DE LA CARDE. — Les délivreurs sont commandés, au moyen d'intermédiaires, par la roue de 125 dents calée sur le doffer du milieu. (Voyez la fig. page 266.) On aura donc leur vitesse en multipliant celle des doffers par le rapport de 125 au nombre de dents de la roue calée sur leur axe. Cette roue a 26 dents pour le délivreur du haut, 25 pour celui du milieu et 24 pour celui du bas. Les vitesses des délivreurs ainsi que leurs développements vont donc en croissant; mais les roues ne différant que de une dent, l'accroissement est assez petit : il a pour but de donner un peu de tension au ruban qui va d'un délivreur à l'autre et de l'empêcher de flotter. Nous nous bornerons à exprimer la vitesse et le développement des délivreurs inférieurs. On a pour la vitesse :

$$V_D = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60}{24 \times 200 \times 200 \times 24}. \qquad (18)$$

DÉVELOPPEMENT DES DÉLIVREURS INFÉRIEURS. — Les délivreurs ont $4\frac{1}{2}$ pouces de diamètre et, par suite, une circonférence de π. 4, 5. Leur développement est par conséquent :

$$d_D = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5}{24 \times 200 \times 200 \times 24}. \qquad (19)$$

DÉBIT DE LA CARDE AVANT LE PASSAGE DES RUBANS A L'ÉTIRAGE.—Ce débit est égal au développement des délivreurs. Le travail effectif étant de 612 minutes par jour, chaque délivreur inférieur donne donc par jour une longueur de ruban de

$$L_r = \frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5 \times 612}{24 \times 200 \times 200 \times 24}. \qquad (20)$$

En adoptant comme précédemment une vitesse de 180 tours et divisant par 36, on a pour longueur en yards :

$$\frac{180 \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5 \times 612}{200 \times 200 \times 24 \times 36} = 4672 \text{ yards.}$$

Digitized by Google

CALCUL DES VITESSES DE L'ÉTIRAGE.

VITESSE DE LA POULIE D'ÉTIRAGE. — La poulie de la carde a 20 pouces de diamètre ; sa vitesse est celle $\frac{ND}{24}$ du tambour. La poulie de l'étirage ayant 10,5 pouces, la vitesse est donc celle du tambour, multipliée par le rapport $\frac{20}{10,5}$, soit

$$V_p = \frac{N D \times 20}{24 \times 10,5}. \qquad (21)$$

VITESSE DE L'ÉTIREUR. — Les pignons coniques a et a' étant identiques, cette vitesse est transmise intégralement à la roue b. b a 20 dents, c en a 35 et d 28. La vitesse de l'étireur est donc celle de la poulie multipliée par les rapports $\frac{20}{R}$, $\frac{35}{28}$, soit

$$V_e = \frac{N D \times 20 \times 20 \times 35}{24 \times 10,5 \times 28 \times R}. \qquad (22)$$

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉTIREUR. — L'étireur ayant 2 pouces de diamètre, son développement est

$$d_e = \frac{N D \times 20 \times 20 \times 35 \times \pi \times 2}{24 \times 10,5 \times 28 \times R}. \qquad (23)$$

VITESSE DU FOURNISSEUR. — Il suffit de multiplier celle de l'étireur par les rapports $\frac{15}{48}$, $\frac{15}{16}$, ce qui donne

$$V_f = \frac{N D \times 20 \times 20 \times 35 \times 15 \times 15}{24 \times 10,5 \times 28 \times 48 \times 16 \times R}. \qquad (24)$$

DÉVELOPPEMENT DU FOURNISSEUR. — Son diamètre étant de $1\frac{1}{2}$ pouce, son développement est

$$d_f = \frac{N D \times 20 \times 20 \times 35 \times 15 \times 15 \times \pi \times 1,5}{24 \times 10,5 \times 28 \times 48 \times 16 \times R}. \qquad (25)$$

Digitized by Google

LAMINAGE. — C'est le rapport du développement de l'étireur à celui du fournisseur, soit, après simplifications :

$$L = \frac{d_E}{d_f} = \frac{48 \times 16 \times 2}{15 \times 15 \times 1{,}5} = 4{,}551. \qquad (26)$$

Si on voulait modifier ce laminage, il faudrait changer le pignon de 15 dents calé sur l'étireur et commandant la roue de 48 dents.

VITESSE DU DÉLIVREUR. — C'est celle de l'étireur multipliée par le rapport $\frac{20}{29}$, soit

$$V_D = \frac{ND \times 20 \times 20 \times 35 \times 20}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 29 \times R}. \qquad (27)$$

DÉVELOPPEMENT DU DÉLIVREUR. — On l'obtient en multipliant sa vitesse par son diamètre, 3 pouces, et par π, ce qui donne

$$d_D = \frac{ND \times 20 \times 20 \times 35 \times 20 \times 3 \times \pi}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 29 \times R}. \qquad (28)$$

VITESSE DES SOLEILS. — Elle est égale à celle de l'étireur multipliée par les rapports $\frac{15}{48}$, $\frac{15}{38}$, soit :

$$V_1 = \frac{ND \times 20 \times 20 \times 35 \times 15 \times 15}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 48 \times 38 \times R}. \qquad (29)$$

VITESSE ET DÉVELOPPEMENT DES BARRETTES. — La vitesse ou développement des barrettes entre les points y et q dépend de la forme de la rainure entre ces points. Cette rainure n'étant pas une courbe géométrique rigoureusement définie, il est impossible d'exprimer mathématiquement la vitesse des barrettes entre ces points. La vitesse des soleils est calculée de façon qu'au point p où les peignes attaquent le ruban, le développement des barrettes soit

Digitized by Google

sensiblement égal à celui du fournisseur. Pour cela, considérons une portion de rainure au point p comme un arc de cercle ayant son centre en o et mesurons la distance du point o à la ligne médiane de la rainure. Ce sera le rayon d'un cercle qui doit avoir le même développement que le fournisseur. Si nous appelons δ le double de cette distance, c'est-à-dire le diamètre de ce cercle, nous aurons le développement au point p en multipliant $\pi\,\delta$ par la vitesse des soleils, ce qui donne

$$\frac{\text{N D} \times 20 \times 20 \times 35 \times 15 \times 15 \times \pi\,\delta}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 48 \times 38 \times \text{R}}.$$

Comparant ce résultat au développement du fournisseur et supprimant les facteurs communs, il vient :

$$\frac{1{,}5}{16} = \frac{\delta}{38}$$

d'où

$$\delta = \frac{1{,}5 \times 38}{16} = \frac{1{,}5 \times 19}{8} = \frac{28{,}5}{8} \text{ pouces.}$$

ou 28 ½ lignes. La distance du point o au point p, moitié de δ est donc de 14 ¼ lignes.

Nous venons de calculer δ ; mais dans la pratique δ est connu, et c'est le pignon du soleil (38 dents) qu'il s'agit alors de calculer pour donner au soleil une vitesse convenable. Il suffit de remplacer δ par sa valeur et de remplacer 38 par x, ce qui donne

$$\frac{1{,}5}{16} = \frac{\dfrac{28{,}5}{8}}{x}$$

d'où

$$x = \frac{28{,}5 \times 16}{8 \times 1{,}5} = 38.$$

VITESSE DE LA ROUE DE SONNETTE. — Les filets de vis qui

Digitized by Google

commandent les roues de 38 et de 51 dents n'équivalant qu'à une roue de une dent, on a la vitesse de la roue de sonnette en multipliant celle du délivreur par les rapports $\frac{1}{38}$, $\frac{1}{51}$, ce qui fournit :

$$V_{son.} = \frac{N\,D.\,20 \times 20 \times 35 \times 20}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 29 \times 38 \times 51 \times R}. \qquad (30)$$

Si on divise 1 par le nombre de tours que fait une roue en une minute, on obtient le temps nécessaire pour que la roue fasse un tour. La roue de sonnette fait donc un tour dans un temps exprimé par

$$t = \frac{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 29 \times 38 \times 51 \times R}{N\,D \times 20 \times 20 \times 35 \times 20}. \qquad (31)$$

LONGUEUR DU RUBAN PAR COUP DE SONNETTE. — Si la roue porte un taquet, la sonnette est mise en mouvement à chaque tour. Pour avoir la longueur de ruban produite dans le même temps, il suffit de multiplier par ce temps le développement du délivreur, ce qui donne, toutes réductions faites et divisant par 36 pour avoir des yards,

$$\frac{3 \times \pi \times 51 \times 38}{36} = 506^{yards}4.$$

On peut arriver plus directement à ce résultat : En effet, le développement de l'étireur est $3 \times \pi$. Or, quand l'étireur fait un tour, la première roue de sonnette ne tourne que d'une dent; pour que cette roue, qui a 38 dents, fasse un tour, le délivreur doit donc en faire 38. La longueur de ruban produite est alors $3 \times \pi \times 38$. Mais quand la roue de 38 a fait un tour, celle de 51 n'a tourné que d'une dent; pour que celle-ci fasse un tour, la roue de 38 doit donc en faire 51. La longueur de ruban produite alors est donc 51 fois $3.\pi.38$, soit $3 \times \pi \times 38 \times 51$ pouces.

Si on voulait avoir à chaque coup de sonnette une lon-

Digitized by Google

gueur exacte de 500 yards, il faudrait remplacer la roue de 51 dents par une autre plus petite, en posant

$$\frac{3.\pi \times 38 \times x}{36} = 500 \qquad (32)$$

d'où

$$x = \frac{500 \times 36}{3 \times \pi \times 38} = 49 \text{ dents.}$$

ABSORPTION DE L'ÉTIRAGE. — L'absorption de l'étirage est égale pour chaque ruban, au développement de son fournisseur, c'est-à-dire formule (24), page 282.

$$d_t = \frac{N\,D \times 20 \times 20 \times 35 \times 15 \times 15 \times \pi \times 1{,}5}{24 \times 10{,}5 \times 28 \times 48 \times 16 \times R}.$$

Pour que cette absorption soit égale au débit de la carde, il faut que l'expression précédente soit égale au débit de l'un des délivreurs inférieurs, c'est-à-dire (19), page 281, à la quantité

$$\frac{N\,D \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5}{24 \times 200 \times 200 \times 24}.$$

En comparant ces deux quantités et simplifiant, il vient

$$\frac{54 \times 96}{100000} = \frac{100 \times 35}{56 \times 28 \times R}. \qquad (33)$$

On voit que cette égalité renferme une inconnue: le nombre de dents du pignon de vitesse R. On tire pour sa valeur

$$R = \frac{10000000 \times 35}{28 \times 56 \times 54 \times 96} = 43{,}6$$

soit 43, puisque le nombre de dents doit nécessairement être entier. Ainsi, pour que l'étirage absorbe le débit de la carde, il faut que le pignon de vitesse R ait 43 dents.

Digitized by Google

Les pignons de rechange fournis avec l'étirage sont précisément de 42-44-46-48 dents. Si l'on n'avait pas de pignon de 43 dents, il faudrait s'en procurer un ou le remplacer par un pignon de 42. En effet, le pignon se trouve au dénominateur de l'expression qui donne le développement du fournisseur. Or, si le nombre de dents de R est rigoureusement exact, le développement du fournisseur et celui des délivreurs de la carde seront rigoureusement égaux; il n'y aura donc pas de tension au ruban. Comme il est indispensable que le ruban ne flotte pas, il faut donner au fournisseur un développement légèrement supérieur à celui des délivreurs, ce qui s'obtient en diminuant d'une dent le nombre rigoureux (43,6) trouvé précédemment pour R. Le dénominateur devenant ainsi un peu plus petit, le quotient qui exprime le développement devient un peu plus grand.

Quant aux pignons de plus de 42 dents, on les emploie quand on modifie le pignon d'étirage *e*. (Voir la figure page 276.) Si on remplace *e*, qui a 15 dents, par un pignon plus grand, la vitesse du fournisseur augmente, tandis que celle de l'étireur n'est pas altérée : Le laminage diminue. Mais la vitesse du fournisseur doit rester la même, si on veut que l'équilibre entre le débit de la carde et l'absorption de l'étirage ne soit pas rompu. Conséquemment, quand on change le laminage, il faut changer à la fois les pignons *e* et R, afin de conserver au fournisseur le même développement. *e* (pignon de 15) étant au numérateur et R au dénominateur, il suffit pour cela de conserver entre *e* et R le même rapport :

$$\frac{e}{R} = \frac{15}{43} = \text{constante.}$$

DÉBIT DE L'ÉTIRAGE. — Nous avons vu (page 281) que les délivreurs inférieurs de la carde débitent par jour chacun un ruban de 4.672 yards. Ces rubans, en passant par

Digitized by Google

l'étirage, subissent un laminage ou allongement de 4.551. Leur longueur, en sortant de l'étireur, est donc de

$$L = 4672 \times 4{,}551 = 21260 \text{ yards.}$$

En admettant 500 yards par pot, cela fait

$$\frac{21260}{500} = 42{,}52$$

soit 42 pots et demi par jour.

POIDS DU RUBAN A LA SORTIE DE L'ÉTIRAGE. — Les étoupes, en passant par la carde, subissent, en déchets, une perte assez considérable qui varie selon les matières. Pour fixer les idées, admettons une perte de 10 p. %. Les 400 kilos travaillés par jour fourniront un ruban ne pesant plus que $400 \times 0{,}9 = 360$ kil.

Or, ce ruban a 21,260 yards de longueur. Le yard pèse donc

$$\frac{360}{21260} = 0^{\text{kil}}{\cdot}01693 \text{ .}$$

soit environ 17 grammes.

FORMULE GÉNÉRALE. — Nous avons supposé une perte de travail, due aux temps d'arrêt, de 15 p. %, ce qui a réduit la journée effective à 612 minutes. Désignons par p cette perte. La journée effective en minutes sera alors $12 \times 60 \left(\frac{100 - p}{100}\right)$. La formule (20), page 281, qui donne la longueur de ruban produite journellement, deviendra en yards :

$$L = \frac{ND \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5 \times 12 \times 60\,(100 - p)}{24 \times 200 \times 200 \times 24 \times 100 \times 36}.$$

En multipliant cette longueur par le laminage, formule

Digitized by Google

(26), page 283, on aura la longueur du ruban à la sortie de l'étirage, soit

$$L' = \frac{ND \times 54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5 \times 12 \times 60\,(100-p)\,48 \times 16 \times 2}{24 \times 200 \times 200 \times 24 \times 15 \times 15 \times 1{,}5 \times 100 \times 36}.$$

soit q la perte pour $^0/_0$ en déchets et x le poids d'étoupes travaillées par jour, le poids total du ruban sera

$$\frac{x\,(100-q)}{100}.$$

En divisant ce poids par la valeur de L′, on obtient la formule générale du poids du yard de ruban à la sortie de l'étirage, soit

$$P_y = \frac{x}{ND} \times \frac{24 \times 200 \times 200 \times 24 \times 15 \times 15 \times 1{,}5 \times 36\,(100-q)}{54 \times 32 \times 60 \times \pi \times 4{,}5 \times 12 \times 60 \times 48 \times 16 \times 2\,(100-p)}.$$

Les organes de la carde restant en général invariables, on peut considérer l'ensemble des facteurs numériques comme un coefficient constant. En effectuant ce coefficient, on trouve qu'il a pour valeur 0,1727. La formule devient ainsi :

$$P_y = 0{,}1727\ \frac{x\,(100-q)}{ND\,(100-p)}. \qquad (34)$$

Nota. — Les étirages et le banc qui achèvent la préparation des étoupes avant leur filage au métier étant identiques, sauf les écartements, à ceux employés pour le lin, nous croyons superflu d'en répéter ici la description et la théorie.

Digitized by Google

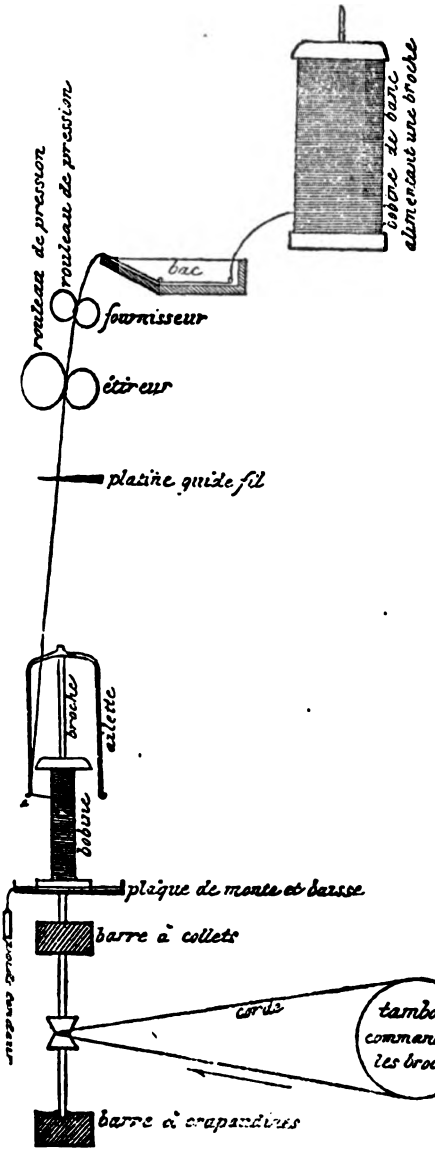
THÉORIE DU MÉTIER A FILER.

Le métier à filer est la machine qui transforme en fil la mèche obtenue en dernier lieu au banc-à-broches. Le filage se fait soit à sec, soit au mouillé; de là deux espèces de métiers, les uns dits au sec, les autres dits au mouillé. Mais les mouvements mécaniques qui, dans l'un et l'autre cas, opèrent le filage, sont identiques quant au fond. Ces deux espèces de métier ne diffèrent donc que dans la forme et la disposition différentes de certains organes: la même théorie convient aux deux. Nous commencerons donc par le plus important. c'est-à-dire par le métier au mouillé, et nous nous bornerons pour le moment aux descriptions indispensables pour l'intelligence de la théorie. La description complète et le calcul effectif du travail du métier viendront après.

Un ratelier placé au-dessus du métier porte des bobines de banc-à-broches; chaque bobine alimente une broche du métier. La mèche de lin ou d'étoupe vient passer à travers un bac contenant de l'eau chaude. On sait que les fibres de lin sont composées de filaments très-fins, adhérant les uns aux autres au moyen d'une espèce de gomme soluble dans l'eau. C'est afin de dissoudre cette gomme et de permettre aux filaments de glisser facilement les uns sur les autres qu'on fait passer la mèche dans l'eau chaude. Au sortir du bac, la mèche vient s'engager entre une première paire de rouleaux cannelés, l'un, le fournisseur, tournant autour d'une ligne de centres fixe; l'autre, le rouleau de pression, ayant son axe mobile dans le plan déterminé par cet axe et celui du fournisseur. Ce rouleau est maintenu sur le fournisseur au moyen d'une pression à bras de levier ou romaine.

En sortant de cette paire de rouleaux, la mèche va s'en-

Digitized by Google



gager entre une seconde paire, d'une disposition analogue, mais dont les diamètres sont un peu plus grands. Le fournisseur et l'étireur tournent dans le même sens et commandent le mouvement des rouleaux de pression. Seulement, le développement d'un point de l'étireur est supérieur à celui d'un point du fournisseur; en d'autres termes, un point de l'étireur décrit dans l'unité de temps un chemin supérieur à celui d'un point du fournisseur : le rapport de ces chemins constitue l'étirage. Ainsi, si dans un temps donné, un point du fournisseur parcourt un chemin de 1 mètre, et un point de l'étireur un chemin de 9 mètres, l'étirage sera de 9 : cela signifie qu'un mètre de mèche passant au fournisseur sortira à l'étireur avec une longueur de 9 mètres. Au sortir de l'étireur la mèche a atteint la grosseur que doit avoir le fil; il reste alors à lui donner

Digitized by Google

la torsion sans laquelle le fil n'aurait pas de consistance et à l'envider sur une bobine.

La torsion et l'envidage peuvent s'opérer de différentes manières; nous allons en exposer deux pour la filature du lin.

Premier cas. — L'appareil qui produit les deux résultats est la broche surmontée d'une ailette. La mèche fournie par l'étireur vient passer à travers l'œillet de l'une des branches de l'ailette, puis est fixée au fût de la bobine. La broche, commandée par un tambour, tourne avec une grande vitesse, par exemple, 3,500 tours par minute pour les métiers de 2 1/2 pouces d'écartement. Par ce mouvement rapide, l'ailette donne la torsion au fil et l'enroule en même temps sur la bobine. Examinons séparément chacune de ces deux fonctions.

TORSION. — Nous verrons plus loin que la torsion qui doit varier avec la finesse du fil et la qualité de la matière est en général d'autant de tors par pouce qu'il y a d'unités dans environ le double de la racine carrée du numéro du fil. De sorte qu'en appelant θ la torsion, N le numéro du fil et a un coefficient à déterminer par expérience pour les principales qualités de matière, on a la relation:

$$\theta = a\sqrt{N}.$$

Beaucoup de filateurs adoptent pour a le nombre 2, et la torsion est alors égale au double de la racine carrée du N° du fil. Adoptons ce chiffre et supposons qu'il s'agisse de fil en N° 70 qu'on peut produire avec des métiers de 2 1/2 pouces d'écartement. La torsion à donner par pouce sera:

$$\theta = 2\sqrt{70} = 2 \times 8{,}86 = 16{,}72$$

c'est-à-dire d'un peu moins de 17 tors par pouce. Pour la facilité du raisonnement, nous prendrons le chiffre rond

Digitized by Google

de 16 tors par pouce, ce qui fait en pouce (anglais) 1 tors par $\frac{1}{16}$ de pouce ou demi-ligne.

Lorsque la mèche sort de l'étireur, elle perd par la torsion une partie de sa longueur; il faut donc régler le débit de l'étireur de façon à regagner cette perte de longueur.

La vitesse des broches et la torsion étant connues, il est facile de calculer la production d'une broche et par suite celle d'un métier. En effet, soient 3,500 tours la vitesse des broches; 70 le N° du fil. Nous venons de voir que la torsion sera de 16 tors par pouce. Cela signifie que chaque fois que la broche aura fait 16 tours, elle aura produit 1 pouce de fil. Après 3,500 tours, elle aura donc produit autant de fois 1 pouce de fil que 16 sont contenus dans 3,500, soit:

$$\frac{3500}{16} = 218{,}75 \text{ pouces.}$$

La production en une minute étant de 218,75 pouces, sera en 60 minutes ou 1 heure:

$$218{,}75 \times 60 = 13125 \text{ pouces;}$$

et en 12 heures ou la journée:

$$13125 \times 12 = 157500 \text{ pouces.}$$

Si le métier a 240 broches, la production quotidienne sera donc:

$$157500 \times 240;$$

et au bout de la semaine de 6 jours:

$$157500 \times 240 \times 6;$$

et enfin, puisque le yard vaut 36 pouces:

$$\frac{157500 \times 240 \times 6}{36} = 5{,}300{,}000 \text{ yards.}$$

Digitized by Google

Or une échevette mesure 300 yards et le paquet contient 1,200 échevettes; le paquet mesure donc 360,000 yards. La production en paquets par semaine sera donc :

$$\frac{5,300,000}{360,000} = 14,72 \text{ paquets.}$$

Il ne faut pas considérer les chiffres qu'on vient d'obtenir comme absolus : Dans la pratique il peut arriver qu'on donne un peu moins de torsion et qu'on fasse tourner les broches un peu plus vite, ce qui aurait pour effet d'augmenter notablement la production. Il est bon de remarquer aussi qu'il faut, dans la pratique, diminuer un peu ces chiffres pour compenser les pertes occasionnées par l'arrêt des broches, soit pendant le rattachage, soit pendant la levée des bobines.

NUMÉROTAGE DU FIL. — Le N° du fil indique son degré de finesse. Le numérotage adopté par les filateurs et marchands de fil est le numérotage anglais, et se règle comme il suit :

On appelle N° 1 du fil tel qu'une longueur de 300 yards pèse exactement une livre anglaise, soit 0 kilog. 453 gr.;

N° 2 du fil tel que 2 fois 300 yards pèsent 453 gr.;

N° 3 du fil tel que 3 fois 300 yards pèsent 453 gr. et ainsi de suite.

Du N° 70 est donc du fil tel que 70 fois 300 yards pèsent 453 gr.

La longueur de 300 yards s'appelle une échevette; 12 échevettes forment l'écheveau, et 100 écheveaux, le paquet. Il résulte de là qu'un paquet de fil N° 1 pèse $0,453 \times 1200 = 543$ kilog. 6; un paquet N° 2 en pèse la moitié; N° 3, le tiers; et ainsi de suite. En divisant 543 kilog. 6 par le N° du fil, on obtient donc le poids du

Digitized by Google

paquet; reciproquement en divisant 543,6 par le poids de paquet, on aura le N° du fil. Dans la pratique on adopte souvent 540 au lieu de 543,6.

Le yard valant 0 m. 914, il en résulte que la longueur du paquet en mètres, est :

$$360{,}000 \times 0{,}914 = 329{,}040 \text{ mètres.}$$

ENVIDAGE. — Pour bien fixer les idées, nous supposerons la circonférence de la bobine de 3 pouces, ce qui correspond à un diamètre de $\frac{24}{\pi} = 8{,}06$ lignes. La circonférence de la bobine a par conséquent $\frac{48}{16}$ de pouce ou 48 demi-lignes. Or quand l'ailette a fait un tour, elle n'a produit, comme on l'a vu plus haut, qu'une demi-ligne de fil; il faut donc, pour que cette demi-ligne de fil soit envidée sans tiraillement, que la bobine ait tourné dans le même sens que l'ailette de la différence qui existe entre cette demi-ligne et la circonférence de la bobine, c'est-à-dire de 47 demi-lignes ou $\frac{47}{48}$ de tour. C'est ce qui a lieu dans la pratique. En effet, la bobine est percée d'un trou cylindrique légèrement supérieur en diamètre à celui de la broche, ce qui permet à la bobine de tourner autour de la broche presque sans frottement : la bobine se trouve ainsi entraînée par le fil dans le même sens que la broche et produit le mouvement différentiel nécessaire. Pour que cet effet soit complet, les choses sont disposées comme il suit. La bobine, libre autour de la broche, repose sur la plaque de monte-et-baisse; cette plaque a ses bords relevés en arrière et en avant, à 90°. Le bord antérieur est taillé en crémaillère; le bord postérieur porte, en regard de chaque broche, un petit cran permettant d'y fixer l'une des extrémités d'un cordon; à l'autre extrémité se trouve un petit poids. Le cordon vient s'engager dans une

Digitized by Google

petite gorge pratiquée à l'embase de la bobine, puis passer entre deux dents de la crémaillère. Il en résulte que ce cordon produit ainsi sur la bobine une résistance en sens contraire de la rotation ; cette résistance se détermine, par tâtonnement, de façon que la bobine tourne en maintenant au fil qui l'entraîne une tension suffisante pour que le fil ne vrille pas.

Quant à la répartition du fil sur toute la longueur de la bobine, elle se produit par un mouvement spécial de haut en bas et de bas en haut de la plaque sur laquelle repose la bobine. Chaque mouvement de monte, ainsi que chaque mouvement de baisse, produit sur la bobine une couche de fil ; à chaque montée et à chaque descente les choses se passent de la même façon, sauf qu'au fur et à mesure que la bobine s'emplit, la vitesse de rotation de celle-ci augmente relativement à celle de la broche. Cela se conçoit aisément. En effet, à chaque tour de broche, la longueur de fil produite est constante, $\frac{1}{16}$ de pouce ou demi-ligne. Or au départ, la circonférence de la bobine étant de 3 pouces ou 48 demi-lignes, la bobine doit, pour envider le fil produit, être en retard de $\frac{1}{48}$ de tour; elle a donc fait, pendant un tour de broche, $\frac{47}{48}$ de tour. Prenons la bobine au moment où les différentes couches de fil déjà produites ont doublé son diamètre et par suite sa circonférence. Celle-ci sera alors de 6 pouces, soit 96 demi-lignes. Pour envider le fil produit en un tour de broche, elle devra être en retard de $\frac{1}{96}$ de tour et aura par conséquent fait $\frac{95}{96}$ de tour pendant un tour de broche. Au départ elle n'avait fait pendant un tour de broche que $\frac{47}{48} = \frac{94}{96}$ de tour ; quand le diamètre de la bobine est doublé, l'augmentation de vitesse de cette bobine n'est donc que de $\frac{1}{96}$ de tour par tour de broche ; c'est relativement une augmentation bien faible.

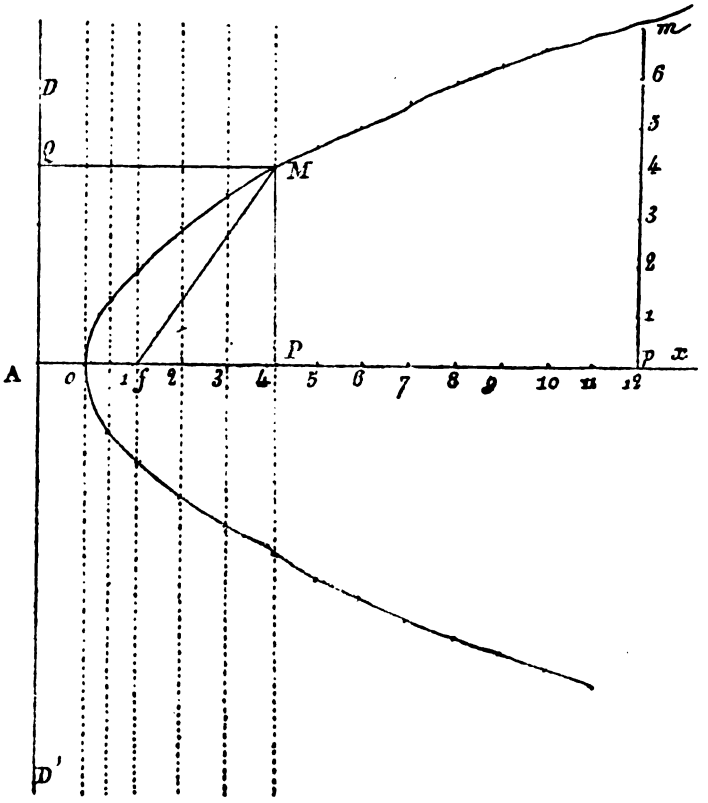
Digitized by Google

Il est clair qu'au lieu de donner à la bobine un retard suffisant pour envider le fil, on pourrait, en la faisant tourner plus vite que la broche, lui donner une avance suffisante pour effectuer l'envidage. Le fil s'enroulerait alors sur la bobine en sens inverse. Mais il faudrait, pour obtenir ce résultat, appliquer aux métiers un mouvement différentiel avec les deux cônes, analogue à celui des bancs-à-broches. Cela serait excessivement dispendieux et n'aurait, au point de vue pratique, que des inconvénients.

Revenons à la torsion. On a vu qu'elle est liée au N° du fil par la relation

$$\theta = a\sqrt{N}\ .$$

On peut représenter graphiquement cette relation. En



Digitized by Google

effet, si on considère la torsion et le N° du fil comme les coordonnées courantes y et x d'une courbe, la relation élevée au carré s'écrit

$$y^2 = a^2 x$$

et représente visiblement une parabole rapportée à son axe et à la tangente du sommet; le paramètre est égal au carré du coefficient a. Si nous prenons pour a le chiffre 2 adopté par beaucoup de filateurs, la parabole aura donc un paramètre de 4 unités.

TRACÉ DE LA PARABOLE. — La parabole étant une courbe dont tous les points sont à égale distance d'un point fixe f appelé foyer, et d'une droite fixe D D′ appelée directrice, il est facile de construire cette courbe. En effet, aux points 1, 2, 3, 4.....de l'axe, menons des parallèles à la directrice D D′, et du foyer f comme centre, avec les longueurs A_1, A_2, A_3....., comme rayons, coupons ces parallèles par des arcs de cercle. Il est clair que les points tels que M ainsi obtenus appartiendront à la courbe, puisque nous aurons $M f = A_4 = M Q$. Nous aurons la courbe en faisant passer un trait continu par tous ces points. — Nous avons vu que cette courbe est représentée par l'équation

$$y^2 = a^2 x, \quad \text{ou } y^2 = 4 x,$$

puisque nous avons supposé $a = 2$. Dans la parabole, le paramètre étant le double de la distance du foyer à la directrice, nous avons donc ici $a = 2 = A f$.

Si nous considérons un point quelconque M de la courbe et que nous menions la perpendiculaire M P, cette perpendiculaire représente la valeur y de l'équation, et la ligne O P la valeur de x; en d'autres termes, O P représentant le N° du fil, M P représente sa torsion. Supposons qu'on ait pris of pour unité de l'échelle de construction et proposons-nous de trouver la torsion du fil dont

Digitized by Google

le N° est 12. Prenons sur la ligne *ox* une longueur *op* de 12 unités, élevons la perpendiculaire *p m* et mesurons-la à l'échelle : Nous trouvons environ 6,90; c'est la torsion demandée. La formule

$$\theta = 2\sqrt{12}$$

donne le même résultat; car la racine de 12 étant 3, 46, on a : $O = 2 \times 3{,}46 = 6{,}92$.

On voit que cette courbe étant tracée avec soin pourrait servir aux filateurs ou aux directeurs peu habitués au calcul, à déterminer la torsion correspondante à un N° donné. Dans tous les cas elle pourrait servir à vérifier les résultats obtenus par le calcul.

Nous venons de traduire graphiquement la loi qui lie la torsion au N° du fil; cherchons à traduire graphiquement aussi la loi des retards de la bobine sur la broche.

Soit d le diamètre de la bobine; la circonférence sera πd. θ étant le nombre de tors par pouce, il en résulte que la longueur du fil produit pendant un tour de broche est $\frac{1}{\theta}$. En divisant la circonférence de la bobine par cette longueur, on obtient le nombre de tours que doit faire la broche pour produire une spire sur la bobine, soit $\pi\, d\, \theta$. Donc quand la broche a fait un tour, la bobine qui n'a dû envider que la longueur $\frac{1}{\theta}$ (comprise $\pi\, d\, \theta$ fois sur la circonférence de la bobine) a un retard exprimé par

$$\frac{1}{\pi\, d\, \theta}.$$

Soit d' le diamètre du fil. Ce diamètre, qui dépend du N° du fil, est variable d'un N° à l'autre. Nous raisonnons dans l'hypothèse d'un même N°. A chaque course nou-

Digitized by Google

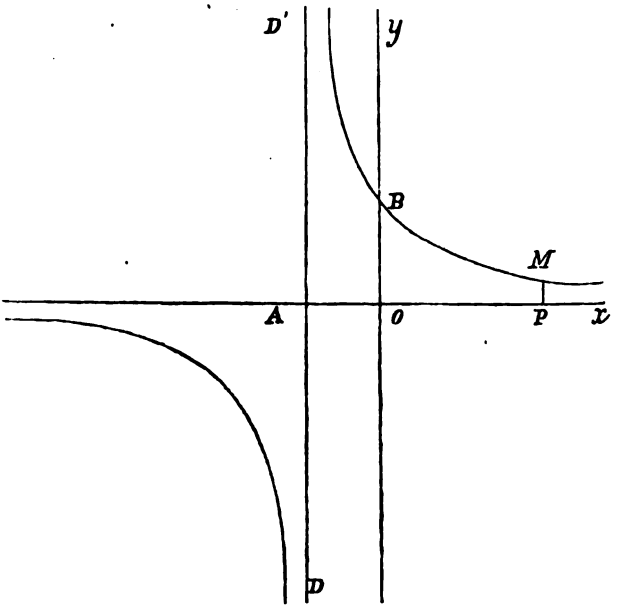
velle, le diamètre de la bobine augmentera de deux fois celui du fil, une fois à chaque extrémité. Cela posé, désignons par y le retard de la bobine sur la broche après la xe course. Le diamètre de la bobine sera alors $d + 2d'x$, sa circonférence $\pi (d + 2\,d'x)$, et par suite le retard de la bobine sur la broche $\frac{1}{\pi (d + 2\,d'x)\,\theta}$. Nous aurons donc la relation

$$y = \frac{1}{\pi (d + 2\,d'x)\,\theta}.$$

C'est l'équation du lieu qui représente graphiquement la loi des retards de la bobine sur la broche. On la ramène aisément à la forme

$$xy + \frac{d}{2\,d'}\,y - \frac{1}{2\,\pi\,d'\,\theta} = 0.$$

Cette équation représente une hyperbole équilatère,



Digitized by Google

asymptote à l'axe des x et à une parallèle

$$x = -\frac{d}{2d'}$$

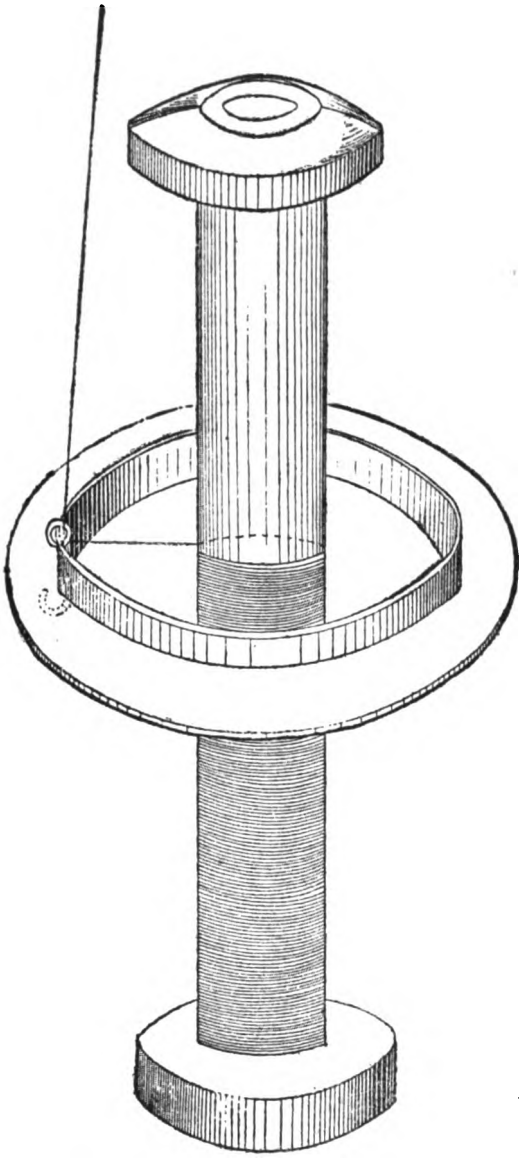
DD', à l'axe des y.

Le retard au point de départ est représenté par l'ordonnée OB; après un nombre x de couches représenté par OP, le retard de la bobine est représenté par MP. On voit que les retards MP qui, à partir de OB décroissent d'abord assez rapidement, décroissent ensuite lentement et tendent vers zéro, sans toutefois pouvoir l'atteindre

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que l'équation précédente est identique, comme forme, à celle qui donne le profil des cônes dans le banc-à-broches.

2e *Cas.* — MÉTIER A BAGUE OU SANS AILETTE. — La broche ne porte plus d'ailette; elle porte la bobine qui lui est solidaire et fait par conséquent autant de tours qu'elle. La plaque de monte-et-baisse porte, à l'endroit de la bobine, une bague ou anneau à travers lequel peut passer la bobine pleine de fil. Cet anneau porte un petit curseur retenu à l'intérieur de l'anneau autour duquel il peut tourner. La mèche fournie par l'étireur vient passer à travers les curseurs et se fixe à la bobine. Quand celle-ci tourne, elle envide le fil produit; mais comme on l'a vu plus haut, la longueur de fil produite pendant un tour n'étant qu'une fraction assez petite du contour de la bobine, il faut, pour que le fil ne casse pas, que le curseur suive la bobine et courre pour ainsi dire après elle : et c'est ce qui a lieu. En effet, le fil, tiré par la bobine, exerce sa tension sur le curseur qu'il entraîne et force à parcourir l'anneau. Ainsi quand la bobine tourne, le

Digitized by Google



curseur tourne dans le même sens avec une vitesse presque égale et n'ayant que le retard nécessaire à l'envidage du fil. On voit qu'ici la broche ne fait qu'envider le fil et déterminer, par la tension de celui-ci, la rotation du curseur autour de la bague. Donc ici c'est le curseur qui produit la torsion : sous ce rapport il joue donc le rôle de l'œillet de l'ailette.

On a vu que dans le métier à ailette, la bobine doit, pour que l'envidage se fasse, être en retard sur la broche; dans le métier à bague c'est le contraire qui a lieu : la bobine est en avance sur le curseur. L'enroulement du fil sur la bobine n'a donc plus lieu dans le sens de la rotation de la broche; il a lieu de gauche à droite.

Supposons comme pour le métier à ailette la circonférence de la bobine de 3 pouces ou 48 demi-lignes, le N° du fil 70, la torsion 16 et le curseur devant faire 3,500 tours à la minute. Quelle sera alors la vitesse de la broche?

Digitized by Google

Lorsque le curseur a fait un tour, il s'est produit $\frac{1}{16}$ de pouce ou une demi-ligne de fil. Or la bobine qui a 48 demi-lignes de contour doit, pour envider ce fil, avoir une avance d'une demi-ligne ; c'est-à-dire qu'elle doit avoir fait les $\frac{49}{48}$ d'un tour. Ainsi, au départ et pendant toute la durée de la première course, la vitesse de la broche est les $\frac{49}{48}$ de celle du curseur, soit

$$3500 \times \frac{49}{48} = 3562{,}5 \text{ tours.}$$

Au fur et à mesure qu'il se produit de nouvelles couches de fil, le diamètre de la bobine augmente et l'avance de la bobine ou, ce qui est la même chose, le retard du curseur devient moindre. La vitesse de la broche restant la même, il en résulte que celle du curseur doit augmenter et par suite augmenter la torsion du fil. Voyons si cette augmentation est assez considérable pour qu'il y ait lieu de s'en préoccuper. Considérons la bobine quand sa circonférence est doublée, c'est-à-dire quand celle-ci est de 6 pouces ou 96 demi-lignes. Le retard du curseur sur la bobine sera alors de $\frac{1}{96}$; quand la bobine aura fait un tour, le curseur n'aura donc fait que les $\frac{95}{96}$ d'un tour. Ainsi quand le diamètre de la bobine est doublé, la vitesse du curseur est les $\frac{95}{96}$ de celle de la broche, soit

$$3562{,}5 \times \frac{95}{96} = 3525{,}39.$$

La vitesse primitive du curseur étant 3,500, on voit qu'il y a une augmentation de vitesse de 25, 39 tours. Or, le nombre de pouces de fil produit par minute est

$$\frac{3500}{16} = 218{,}75.$$

Digitized by Google

Ces 25, 39 tors en plus doivent donc se répartir sur ces 218,75 pouces, ce qui donne par pouce

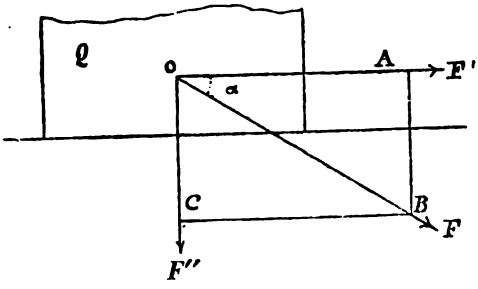
$$\frac{25,39}{218,75} = 0,116.$$

Comme on le voit, l'augmentation de torsion sera d'un peu plus de $\frac{1}{10}$ de tors par pouce, ce qui, dans la pratique, est évidemment insignifiant. On peut remarque du reste que plus le diamètre primitif de la bobine sera grand, plus cette différence de torsion sera petite. Il y a donc, sous ce rapport, avantage à employer des bobines de gros diamètre, quitte à regagner le volume du fil en augmentant la longueur de la bobine. Nous allons du reste signaler un autre inconvénient des bobines à petit diamètre dans les métiers à bague. Pour cela quelques explications sont nécessaires.

On sait que lorsqu'un corps repose sur un plan horizontal il comprime tant soit peu la partie du plan sur laquelle il repose ; il faut alors pour faire glisser le corps sur le plan le tirer avec une force horizontale suffisante, c'est-à-dire capable de vaincre la résistance due au frottement des deux corps : cette force s'appelle frottement au départ. Lorsque le corps est en mouvement il faut, pour le maintenir en mouvement et lui conserver une vitesse constante, continuer de le tirer evec une certaine force : cette seconde force s'appelle frottement pendant le mouvement. Tout le monde sait que quand on tire ou pousse un véhicule quelconque, il faut d'abord un effort assez grand, puis pour maintenir une vitesse uniforme, un effort constant beaucoup moindre : nous voulons dire par là que le frottement au départ est beaucoup plus considérable que pendant le mouvement. Tout le monde sait aussi que le frottement varie avec la nature des surfaces frottantes, et qu'on diminue considérablement le frottement en graissant ces surfaces.

Digitized by Google

Au lieu de supposer un corps reposant sur une surface horizontale, nous pouvons supposer un corps appuyé contre une surface verticale soit par traction, soit par pression. C'est ce qui a lieu pour le petit curseur que le fil, en le tirant, presse contre l'anneau. Il y a donc entre le curseur et l'anneau un frottement au départ et un frottement pendant le mouvement, frottement que le fil doit vaincre pour mettre le curseur en mouvement et lui conserver une vitesse uniforme. Lorsque l'un de ces frottements devient supérieur à la tension du fil, le fil casse. Il faut donc disposer les choses de façon que la tension du fil soit toujours supérieure au frottement du curseur sur la bague. Considérons un corps Q placé sur un plan horizontal. Si on applique à ce corps une force F' parallèle au plan, il suffira évidemment, pour qu'elle mette le corps en mouvement, qu'elle soit égal au frottement au départ. Mais il n'en sera plus de même si cette force est oblique au plan. En effet, soit F cette force. Représentons-la par OB et achevons le parallélogramme OACB des forces. La force F se décompose en deux autres, l'une F′ réprésentée par OA, parallèle au plan et ayant pour valeur



$$F' = F \cos. \alpha ;$$

l'autre F″ représentée par OC, normale au plan et ayant pour valeur

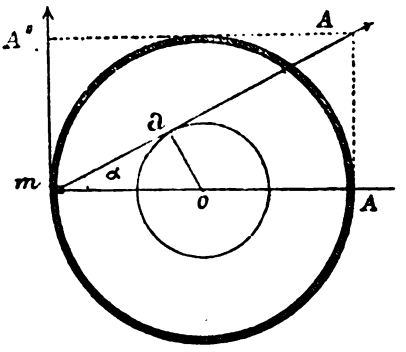
$$F'' = F \sin. \alpha .$$

La force F′ sollicite le corps dans le sens horizontal, et la force F″ qui le sollicite dans le sens normal au plan a

Digitized by Google

pour effet de produire le frottement. Il faudra donc, dans ce cas, une force supérieure à F′, et cette force sera d'autant plus grande que l'angle α sera plus grand ; en d'autres termes, plus la force F se rapprochera de la normale à la surface résistante, plus cette force devra être grande.

Considérons une bobine de rayon oa et soit m la position du curseur sur l'anneau. Le fil qui passe à travers le curseur vient s'appliquer sur la bobine suivant la tangente ma. La bobine en tournant tend le fil qui tire le curseur dans la direction de la tangente à l'anneau avec une certaine force. Désignons par N la limite de tension du fil, c'est-à-dire la force limite à laquelle il peut résister sans se rompre. Portons cette force en m A′ ; elle se décompose en deux autres, l'une mA′ dirigée normalement à la surface de l'anneau, passant par son centre et ayant pour effet de presser le curseur contre l'anneau ; l'autre mA″, tangente à la surface de l'anneau et ayant pour effet de solliciter le curseur à glisser autour de l'anneau. En désignant par α l'angle qui fait la direction du fil avec la normale m A′, ces forces ont respectivement pour valeur



$$m\,A' = N \cos.\,\alpha\,; \qquad m\,A'' = N \sin.\,\alpha.$$

Appelons f le coefficient de frottement du curseur sur l'anneau. Ce coefficient est le nombre par lequel il faut multiplier la pression du curseur contre la bague pour obtenir la force tangentielle capable de le mettre en mouvement.

Digitized by Google

Or, la pression contre l'anneau est $m\,A' = N \cos. \alpha$; la force capable de déterminer le mouvement est donc

$$f\,N \cos. \alpha.$$

En comparant cette force à la composante tangentielle $m A'' = N \sin. \alpha$ on a donc

$$N \sin. \alpha = f\,N \cos. \alpha$$

d'où

$$\text{tg}. \alpha = f.$$

Ce résultat est, comme on le voit, indépendant de la tension du fil ; il nous apprend que pour que le mouvement puisse avoir lieu, il faut que l'on ait :

$$\text{tg}. \alpha > f,$$

c'est-à-dire la tangente trigonométrique de l'angle que fait la direction du fil avec le rayon de l'anneau, supérieure au coefficient de frottement ; dans le cas contraire le fil cassera inévitablement, quelle que soit sa solidité. Quant au coefficient f, sa valeur a été déterminée par des expériences pour différentes matières. Nous trouvons dans les tables dressées à cet effet que pour le frottement à sec de métaux sur métaux la valeur de f est d'environ 0,18.

Cherchons le diamètre d minimum qu'on puisse donner à la bobine, en fonction de celui D de l'anneau. Le triangle rectangle moa donne

$$o\,a = m\,o \sin. \alpha$$

ou $d = D \sin. \alpha$, puisque $o\,a = \frac{d}{2}$, $m\,o = \frac{D}{2}$.

En remplaçant $\sin. \alpha$ par sa valeur en fonction de la tangente, on a

$$\sin. \alpha = \frac{\text{tg}. \alpha}{\pm\sqrt{1 + \text{tg}.^2 \alpha}} = \frac{f}{\pm\sqrt{1 + f^2}}$$

Digitized by Google

et, en substituant

$$d = \frac{Df}{\sqrt{1+f^2}}$$

Nous avons rejeté le signe —, attendu que le diamètre d doit être essentiellement positif.

Comme application numérique supposons le diamètre de l'anneau de 2 pouces et $f = 0{,}18$. La formule donne

$$d = \frac{0{,}18 \times 2}{\sqrt{1+0{,}18^2}} = \frac{5{,}6}{16} \text{ de pouce,}$$

c'est-à-dire près de 3 lignes. Ce résultat, qui donne la limite du diamètre à employer, est purement théorique. Dans la pratique il faut un diamètre un peu supérieur.

Dans le métier à ailette l'inconvénient des petits diamètres de bobine n'existe pas, au moins au même degré.

En effet, soit b, l'œillet de l'ailette. Le fil vient solliciter la bobine suivant la tangente $b\,a$, agissant normalement au rayon de contact $o\,a$ qui joue le rôle de levier. On voit aisément que, quand ce levier est très-court, la tension du fil est suffisante pour déterminer la rotation de la bobine. Le fil agissant normalement au rayon $o\,a$, sa tension ne se décompose pas.

Théorie de la torsion. — La torsion est l'opération qui consiste à contourner une mèche sur elle-même pour lui donner une solidité qui, sans cela serait presque nulle. Considérons une longueur de mèche supérieure à la longueur des fibres ou filaments dont elle est composée. Si on tire cette mèche par les deux bouts, les filaments

Digitized by Google

n'exerçant les uns contre les autres aucune pression, le frottement de ces filaments les uns contre les autres

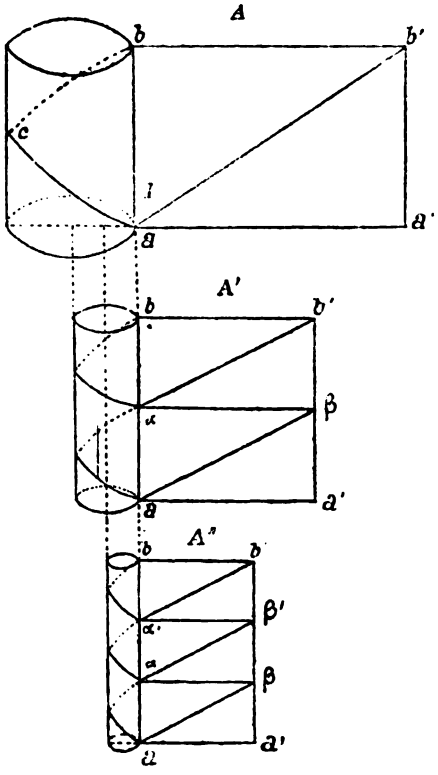
sera presque nul ; ces filaments glisseront donc les uns sur les autres avec la plus grande facilité, et le moindre effort suffira pour rompre la mèche. Mais si la mèche a été contournée plusieurs fois sur elle-même, il n'en sera plus ainsi ; un effort de traction aura pour effet de presser les fibres les unes contre les autres et de produire entre elles un frottement suffisant pour empêcher le glissement. La mèche ainsi tordue aura donc acquis une grande résistance et ne se rompra, en général, que quand la somme des résistances de ses fibres sera dépassée.

Quand la mèche est ainsi tordue, les filaments dont elle se compose, prennent la position d'hélices dont le pas dépend de leur longueur, de leur solidité et de leur degré de rugosité. C'est à l'expérience de déterminer, pour les différentes matières, le nombre de tors à donner pour une certaine longueur, un pouce, par exemple. Dans tous les cas on peut affirmer que, pour une même matière, l'angle que fait la tangente à l'hélice avec la génératrice du cylindre que forme la mèche, est constant, quelle que soit l'épaisseur de cette mèche.

Cela posé, considérons *(fig. A)* un bout de mèche $a\,b$ pour lequel il faille un tors. Ce bout de mèche est un cylindre. Si on développe sa surface, le développement se fera suivant un rectangle $a\,b\,b'\,a'$ ayant pour base la longueur $a\,a'$ du contour de la mèche, et pour hauteur celle $a\,b$ du cylindre. Une fibre $a\,c\,b$ contournée sur la mèche suivant une spire d'hélice, se développe suivant la diagonale $a\,b'$ du rectangle, donnant en I l'inclinaison de la tangente à l'hélice sur la génératrice de la mèche.

Prenons maintenant un même bout de mèche avec un

Digitized by Google



diamètre moitié moindre. Le contour de la mèche, et par suite la base *a a'* (*fig. A'*) du rectangle sera aussi moitié moindre ; et puisque l'inclinaison I doit rester la même, on voit qu'ici il y aura deux tors pour la longueur *a b*. On ferait voir de la même manière que, quand le diamètre sera trois fois plus petit, il y aura trois tors ; quatre fois plus petit, quatre tors, et ainsi de suite.

Nous en concluons ce principe :

Le nombre de tors à donner par unité de longueur, par pouce, par exemple, est en raison inverse du diamètre du fil. Lorsque le diamètre du fil devient deux, trois, etc., fois plus petit, le nombre de tors par pouce devient deux, trois..... fois plus grand.

En désignant par d le diamètre du fil n° 1, par a sa torsion par pouce; par d' le diamètre du fil n° N et θ sa torsion par pouce, le principe se traduit algébriquement par l'expression

$$\frac{d}{d'} = \frac{\theta}{a}.$$

Désignons par L la longueur d'une échevette en fil n° 1, d étant le diamètre. Le fil est un cylindre dont la section droite est un cercle. L'aire du cercle est égale

Digitized by Google

au 1/4 du carré du diamètre, multiplié par $\pi = 3{,}1416$, rapport de la circonférence au diamètre ; le volume du cylindre est égal au cercle de base multiplié par la longueur. En désignant par V le volume de l'échevette de fil n° 1, nous avons donc :

$$V = \frac{\pi d^2 L}{4}. \qquad (1)$$

Considérons maintenant une échevette de fil dont le n° soit N, et soit d' le diamètre du fil. D'après ce qui a été dit au numérotage, le même volume V contiendra en n° N, N échevettes, de sorte que la longueur de ces N échevettes sera N L. On aura donc pour le volume

$$V = \frac{\pi d'^2 N L}{4}. \qquad (2)$$

En comparant les expressions (1) et (2), on en dédui

$$d^2 = d'^2 N,$$

d'où

$$\frac{d}{d'} = \sqrt{N}.$$

Mais nous avons trouvé

$$\frac{d}{d'} = \frac{\theta}{a}.$$

Donc, à cause de l'égalité des premiers membres

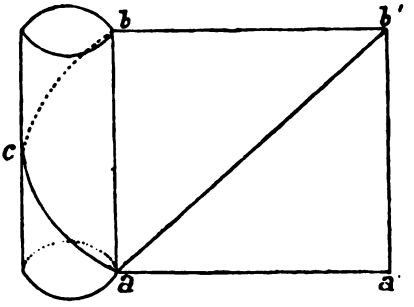
$$\frac{\theta}{a} = \sqrt{N}, \quad \text{ou } \theta = a\sqrt{N}.$$

Telle est l'expression algébrique du principe de la torsion :

La torsion à donner par pouce est égale à la racine carrée du n° du fil, multipliée par le nombre a *de tors par pouce du fil en n° 1.*

Digitized by Google

CALCUL DE LA PERTE DE LONGUEUR PRODUITE SUR LA MÈCHE PAR LA TORSION.— Considérons un bout de fil ab sur lequel il y a un tors. Lorsqu'on développe la surface du fil suivant la rectangle $abb'a'$, une fibre contournée suivant l'hélice acb se développe suivant la diagonale ab'. Cette diagonale est visiblement la longueur de mèche qui a produit la longueur de fil ab. La perte en longueur est donc



$$ab' - ab.$$

d' étant le diamètre du fil, on a $aa' = \pi d'$, donc, en vertu du triangle rectangle $a'b'a$

$$\overline{ab'^2} = \overline{\pi d'^2} + \overline{ab^2},$$

et par suite

$$ab' = \sqrt{\overline{\pi^2 d'^2} + \overline{ab^2}}.$$

Mais ab est contenu autant de fois dans un pouce qu'il y a de tors par pouce. Si 0 est le nombre de tors par pouce, on a donc

$$ab = \frac{1}{0}.$$

En substituant il vient

$$ab' = \sqrt{\pi^2 d'^2 + \frac{1}{0^2}}$$

et par suite

$$ab' - ab = \sqrt{\pi^2 d'^2 + \frac{1}{0^2}} - \frac{1}{0}.$$

Digitized by Google

Or, de l'égalité

$$\frac{d}{d'} = \frac{\theta}{a}$$

on tire $d' = a\frac{d}{\theta}$.

L'expression de la perte pour 1 tors devient ainsi

$$ab' - ab = \sqrt{\pi^2 a^2 \frac{d^2}{\theta^2} + \frac{1}{\theta^2}} - \frac{1}{\theta}$$

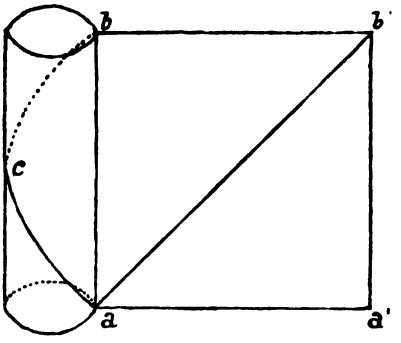
ou

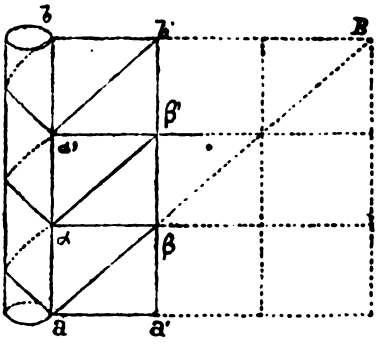
$$ab' - ab = \frac{\sqrt{\pi^2 a^2 d^2 + 1} - 1}{\theta}$$

et pour 1 pouce ou θ tors

$$(ab' - ab)\,\theta = p = \sqrt{\pi^2 a^2 d^2 + 1} - 1.$$

Cette relation étant indépendante du n° du fil, on voit que la perte en longueur due à la torsion est, par pouce, la même pour tous les n^os^.





Pour bien faire ressortir l'exactitude de cette assertion, démontrons-la graphiquement. Il est bien manifeste que la perte en longueur pour un tors est, comme nous l'avons dit plus haut, la différence entre la spire $acb = ab'$ et la longueur ab de fil produit. Prenons le fil quand le diamètre est le tiers du précédent. La même longueur ab

aura trois tors au lieu d'un. Il est visible que pour chaque tors, la circonférence et la hauteur étant devenues le tiers des longueurs précédentes, les spires sont aussi le 1/3 de la spire précédente. La perte sur un tors sera donc

$$a\beta - a\alpha = \frac{aB}{3} - \frac{ab}{3}.$$

sur les trois tors, c'est-à-dire sur la longueur du fil ab, la perte sera donc

$$3\left(\frac{aB}{3} - \frac{ab}{3}\right) = ab' - ab,$$

c'est-à-dire la même que précédemment. Au lieu de fractionner ab en trois parties, on peut fractionner cette longueur en autant de parties qu'on voudra ; le raisonnement sera toujous le même et conduira aux mêmes conclusions. L'exactitude de l'assertion est donc démontrée.

Comme application numérique supposons une mèche de banc-à-broches, d'une ligne d'épaisseur avec une torsion de 0,6 de tors par pouce. Quelle sera par pouce la perte en longueur ? Il suffit de remplacer dans la formule

$$p = \sqrt{\pi^2 a^2 d^2 + 1} - 1$$

d par $\frac{1}{8}$, a par 0,6, ce qui donne

$$p = \sqrt{\pi^2 \left(\frac{1}{8}\right)^2 \overline{0,6^2} + 1} - 1 = 0,027.$$

Soit en chiffre rond environ 3 p. %.

Pour faire un application numérique relative au fil, cherchons le diamètre du fil n° 1. Pour cela enroulons du fil quelconque, soit du 25, bien régulièrement sur une

Digitized by Google

tige cylindrique, sur le fût d'une bobine, par exemple; puis comptons le nombre de spires sur une longueur de 1 pouce. Nous trouvons environ 80 spires. Le diamètre du fil est donc le $\frac{1}{80}$ d'un pouce. En substituant cette valeur dans la formule $\frac{d}{d'}\sqrt{N}$, d étant le diamètre du n° 1, et d' celui d'un numéro quelconque, nous aurons pour d

$$d = \frac{\sqrt{25}}{80} = \frac{5}{80} = 0{,}0625.$$

Si 2 est la torsion par pouce du fil n° 1, nous aurons pour la perte en longueur par pouce

$$p = \sqrt{\pi^2 \times 4 \times \overline{0{,}0625}^2 + 1} - 1 = 0{,}071$$

c'est-à-dire environ 7 p. °/₀.

Le résultat numérique qu'on vient d'obtenir est un résultat idéal; le résultat pratique s'en écarte toujours un peu, soit en plus, soit en moins; mais on doit tendre à ce que l'écart soit le plus faible possible. Le résultat idéal, s'il n'est pas celui qu'on obtient en pratique, a au moins cet avantage qu'il guide l'opérateur : en lui assignant le résultat vers lequel il doit diriger ses efforts, la théorie rétrécit la marge des tâtonnements et du hasard. Or il ne faut laisser au hasard que ce que l'on ne peut pas lui dérober.

Digitized by Google

DESCRIPTION DU MÉTIER A FILER AU MOUILLÉ.

Nous prendrons pour type un métier à deux bords, de 200 broches, et dont les dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre de l'étireur	pouces	2	3/4
Id. fournisseur	»	1	1/2
Id. tambour	»	10	
Id. noix de la broche	»	1	1/4
Écartement des broches	»	2	3/4
Hauteur des bobines	»	2	3/4

Dans la figure ci-contre, l'observateur est placé à l'une des extrémités du métier, en face de la commande.

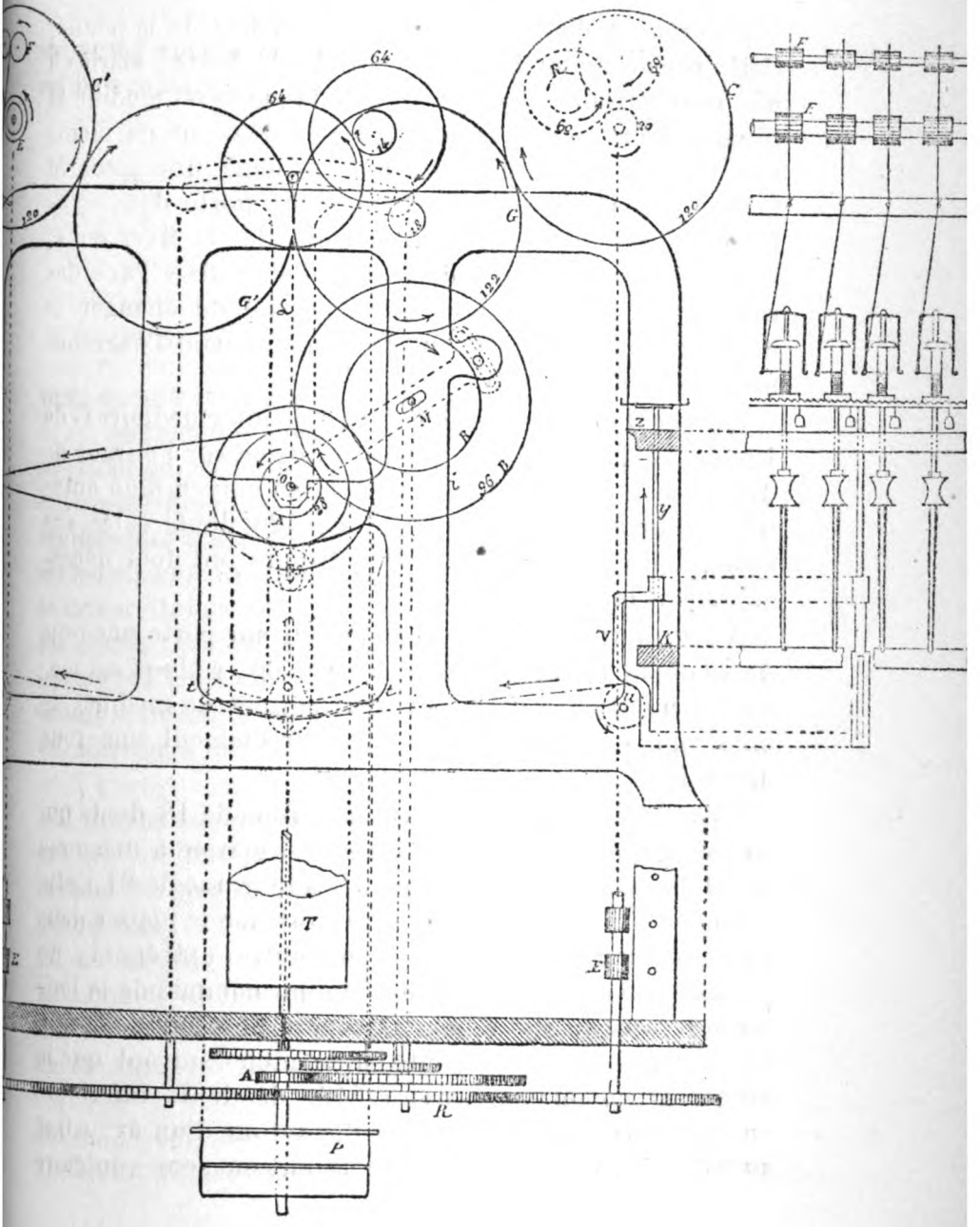
Tout le métier est supporté par une série de bâtis. La figure montre l'élévation de l'un des bâtis extrêmes. Les bâtis sont reliés entre eux par les barres à crapaudines *z* et les barres à collets *k*. Les crapaudines sont de petites cuvettes en cuivre, fixées dans les barres inférieures et dans lesquelles reposent les broches par leur pivot; les collets sont des tubes en cuivre fixés dans les barres supérieures et dans lesquels les broches tournent à frottement doux. Les collets ont pour but de maintenir les broches bien verticales.

Les bâtis extrêmes portent en *o* des coussinets sur lesquels repose l'axe de commande du métier. Cet axe porte extérieurement une poulie P qui reçoit son mouvement de la transmission. Intérieurement l'axe porte, dans toute la longueur du métier un cylindre en fer blanc, appelé tambour, et qui a pour but de commander les broches au moyen de cordes ou de rubans. A cet effet les broches portent de petites poulies à gorge ou en forme de V, appelées noix.

Entre la poulie du métier et le bâti sont placés les organes qui doivent transmettre le mouvement aux deux

Digitized by Google

Métier à filer au mouillé, de 200 *broches.*



Digitized by Google

étireurs, aux deux fournisseurs et à la lanterne qui produit le monte-et-baisse des bobines. Ces organes sont :

Une roue A de 28 dents calée sur l'arbre de la poulie. Cette roue commande une roue B de 96 dents, mariée à une roue variable R au moyen de laquelle on modifie la torsion. La roue B et la roue R sont calées sur un même axe fixé au moyen d'un écrou à vis dans une pièce M mobile autour du point *o*. Cette pièce porte deux coulisses : l'une circulaire qui permet de la fixer en *i*; l'autre longitudinale et dans laquelle se fixe l'axe des roues B et R. Cette disposition permet de changer le nombre des dents de la roue R en maintenant l'engrènement des roues A et B.

La roue R commande, au moyen d'un intermédiaire G de 122 dents, la roue C de 120 dents, calée sur l'étireur de droite ; le mouvement se transmet, au moyen d'un autre intermédiaire G′, à la roue C′ de 120 dents calée sur l'étireur de gauche. Les deux étireurs ont donc nécessairement la même vitesse.

A leur autre extrémité, chaque étireur porte une roue de 20 dents qui en commande une de 60 ; celle-ci est mariée à une roue variable R′ qui permet de modifier le laminage. La roue R′ commande directement une roue de 60 dents calée sur le fournisseur.

L'axe intermédiaire G porte une roue de 18 dents qui en commande une de 64, celle-ci est mariée à une roue de 14 dents qui en commande à son tour une de 64. Cette dernière est calée sur un axe qui traverse le métier dans toute sa longueur et porte, à son autre extrémité, un pignon de 9 dents : c'est le pignon qui commande la lanterne L, organe figuré en traits pointillés sur la figure. La lanterne oscille à droite ou à gauche suivant que le pignon la commande par sa rangée de dents inférieure ou supérieure. La lanterne oscille autour d'un axe *s* fixé au bâti. Sa partie inférieure reproduit en sens contraire

Digitized by Google

les oscillations de sa partie supérieure. Cette partie supérieure porte une pièce arquée terminée par des têtes *t t*. A ces têtes sont fixées des chaînes qui vont s'enrouler sur des poulies *u*. La chaîne fixée à la tête de droite s'enroule sur la poulie de gauche et réciproquement. Les poulies *u* sont calées sur des axes traversant le métier dans toute sa longueur. Ces axes portent une série d'autres petites poulies armées également de chaînes et dont l'extrémité est fixé à la partie inférieure de pièces *v*. Celles-ci sont terminées à leur partie supérieure, par un manchon dans lequel est calée une tige cylindrique *y* appelée chandelle. Cette chandelle est terminée supérieurement en forme de T et supporte les plaques de monte-et-baisse. Les chandelles traversent les barres à collets et à crapaudines qui les guident et les maintiennent verticales.

Voyons maintenant comment s'effectue le mouvement de monte-et-baisse. Supposons que la partie supérieure de la lanterne oscille de gauche à droite, comme l'indique la flèche ; la partie inférieure oscillera de droite à gauche. La chaîne fixée à la poulie de droite tirera, tandis que celle fixée à la poulie de gauche lâchera. La poulie de droite tournera dans le sens indiqué par la flèche, faisant tourner dans le même sens l'axe, et par suite les poulies qu'il porte. Ces poulies enrouleront leur chaîne ; par conséquent soulèveront les pièces V, par suite les chandelles *y* sur lesquelles reposent les plaques de monte-et-baisse. Ces plaques monteront donc, entraînant avec elles les bobines.

Du côté gauche, la chaîne lâchant, le poids des plaques de monte-et-baisse agira, par l'intermédiaire des chandelles, sur les pièces V, qui descendront, dérouleront les chaînes des poulies de l'axe et forceront la poulie *u* à enrouler la sienne. Ainsi quand les plaques de droite montent, celles de gauche descendent.

Quand les plaques seront arrivées à l'extrémité de leur

Digitized by Google

course, celles de droite à leur partie supérieure, celles de gauche à leur partie inférieure, un guide disposé *ad hoc* forcera le pignon de lanterne à attaquer la rangée supérieure des dents de la lanterne. L'oscillation de celle-ci changera alors de sens ; la partie supérieure oscillera de droite à gauche et la partie inférieure de gauche à droite. Le sens du mouvement des plaques changera en même temps : celles de droite descendront tandis que celles de gauche monteront, et ainsi de suite.

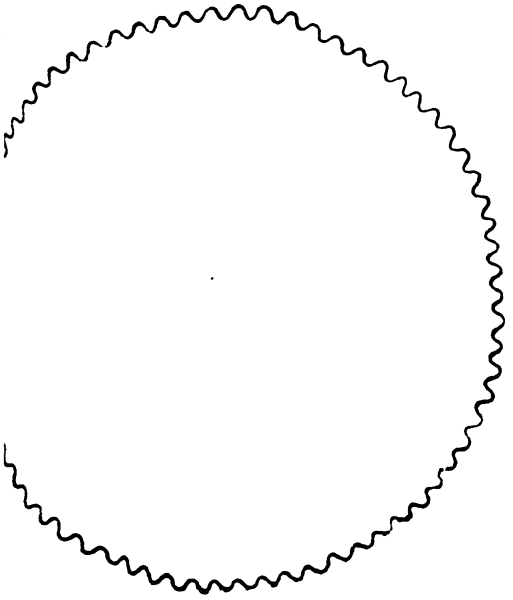
BOBINES BOMBÉES. — Lorsque les bobines de fil doivent être cylindriques, le centre des poulies *u* coïncide avec celui de l'axe des monte-et-baisse. Lorsque les bobines doivent être bombées, c'est-à-dire renflées vers leur milieu, les poulies *u* sont excentrées sur l'axe, le centre de la poulie et celui de l'axe étant sur la même verticale quand les plaques sont dans le même plan, c'est-à-dire au milieu de la bobine. Par cette disposition, les chaînes tirent successivement sur des rayons des poulies *u* de longueurs différentes. Les chaînes ayant une vitesse uniforme, la vitesse des poulies *u* doit augmenter ou diminuer suivant que les rayons décroissent ou croissent. Par conséquent la vitesse des plaques diminue quand elles vont des extrémités vers le milieu de la bobine, et augmente dans le cas contraire. La vitesse étant la plus petite vers le milieu des bobines, c'est donc à cet endroit que celles-ci reçoivent le plus de fil.

Remarque. — On voit par la disposition du mouvement de monte-et-baisse, que la durée de la course est constante. Au banc-à-broches, au contraire, cette durée augmente à chaque course, et cela est indispensable. Mais cela n'est pas indispensable pour le métier. En effet, dans le métier, la rotation de la bobine est produite par le fil même, qui à chaque instant fait tourner cette bobine de la quantité nécessaire pour l'envidage. Mais de ce que la durée des courses est constante, il résulte qu'au

Digitized by Google

fur et à mesure que la bobine s'emplit, le nombre des spires diminue : par exemple, quand le diamètre de la bobine est devenu le double, le nombre de spires, pendant une course, est devenu moitié moindre, attendu que ces spires étant devenues de double longueur, la longueur totale du fil produit n'a pas changé. Si, à l'origine, les spires se touchaient, elles doivent, quand le diamètre est doublé, laisser entre elles un intervalle d'une épaisseur de fil. Cet intervalle se remplit en partie à la course suivante. Sans doute il serait préférable d'avoir à la bobine du métier la régularité de celle du banc. Mais pour obtenir cette régularité il faudrait au métier un mouvement différentiel analogue à celui du banc : l'avantage de la régularité ne compenserait certainement pas l'inconvénient d'un appareil en plus.

DISPOSITION DES ROULEAUX FOURNISSEURS, ÉTIREURS ET DE PRESSION. — Dans les machines de préparation, ces rouleaux sont lisses. Quelquefois seulement, et quand il s'agit du travail de matières dures, telles que le chanvre, par exemple, le cylindre étireur de la table est rayé. Dans le métier au mouillé tous les rouleaux sont cannelés. Cela est nécessaire, à cause de la minceur de la mèche et de sa décomposition par l'eau chaude en filaments très-courts, pour éviter des glissements et par suite des irrégularités de grosseur dans le fil. Ces cannelures sont assez petites et de forme cylindrique comme le montre la disposition ci-contre. Les cannelures se comptent à tant



Digitized by Google

par pouce, par exemple 24, 28, 32, etc., au pouce. Cela signifie qu'un rouleau à autant de fois chacun de ces nombres de cannelures qu'il y a de pouces de diamètre. Ainsi un rouleau de 3 pouces de diamètre aura, en cannelure de 24 au pouce, 72 cannelures en tout. Cette manière de compter est aussi usitée pour les roues d'engrenages.

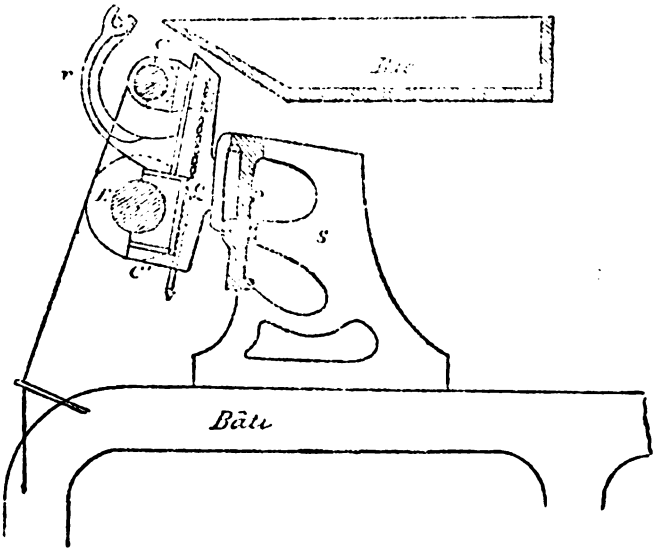
Le fer ne résistant pas à l'action de l'eau s'oxide rapidement. Aussi est-on obligé, dans le métier au mouillé, d'employer des fournisseurs et des étireurs en cuivre. métal qui s'oxide plus difficilement. Mais le cuivre étant beaucoup plus cher et moins résistant que le fer, on fait en fer l'axe des cylindres qu'on recouvre de galets en cuivre comme le montre la disposition suivante :

Quelquefois même l'axe est complètement recouvert de cuivre et il n'y a plus alors de fer à nu que les gorges, c'est-à-dire les parties du cylindre qui reposent sur les coussinets. Quant aux rouleaux de pression, ceux qui agissent sur les fournisseurs sont en cuivre, et ceux qui agissent sur les étireurs, en bois ou en gutta-percha. Ils portent la même cannelure que celle des cylindres sur lesquels ils pressent.

DISPOSITION DES ÉTIREURS ET DES FOURNISSEURS. — Ces cylindres sont disposés comme le montre la figure ci-après. Des supports S sont fixés de chaque côté sur les bâtis extrêmes. Contre ces supports vient s'ajuster une plaque P dont les hachures font ressortir la forme. Cette plaque est solidement fixée au moyen de vis, aux supports extrêmes, ainsi qu'aux bâtis intermédiaires. Elle est destinée à porter de distance en distance, par exemple toutes les 8, 10 ou 12 broches, des pièces Q. Ces pièces reçoivent, à leur partie inférieure, un coussinet fixe C'

Digitized by Google

dans lequel tourne l'étireur ; à leur partie supérieure, un coussinet mobile C, dont on peut faire varier la position

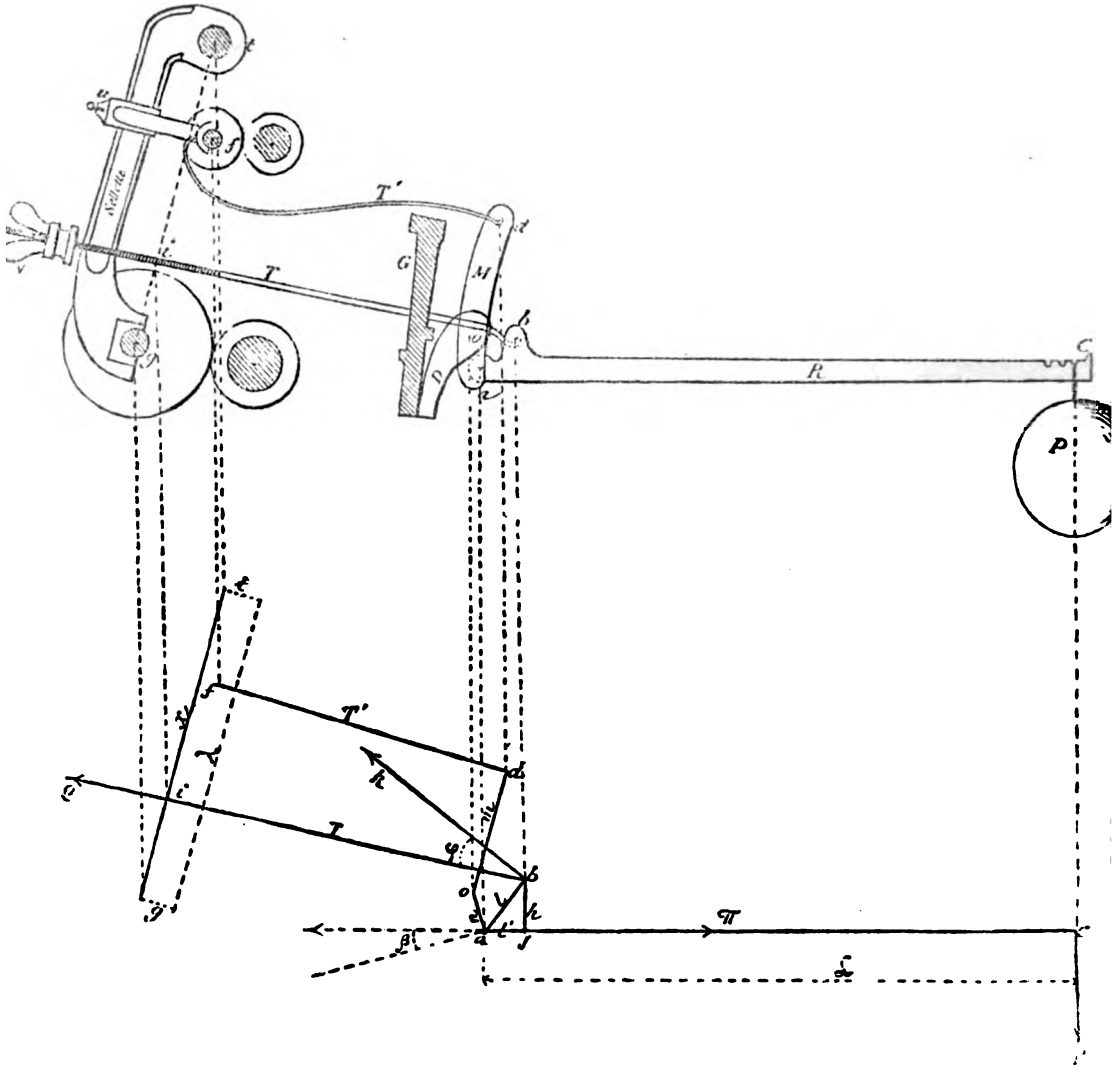


au moyen de la vis de rappel V. C'est dans le coussinet C que tourne le fournisseur. Ce second coussinet est mobile afin qu'on puisse au besoin changer l'écartement des cylindres. Les coussinets ne sont pas recouverts : les cylindres y sont maintenus par l'effet des rouleaux de pression. Des supports *r*, faisant corps avec la pièce Q, portent à leur partie supérieure, une tringle en fer autour de laquelle tournent les sellettes destinées à maintenir les rouleaux de pression contre les cylindres et à y transmettre la pression au moyen d'une disposition que nous allons décrire.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE PRESSION. — Il existe, pour exercer entre les rouleaux et les cylindres une pression convenable, divers systèmes d'appareils ; nous nous bornerons à en décrire un seul, l'un des plus compliqués (*).

(*) Ce travail étant spécialement destiné aux élèves des écoles industrielles, nous avons pensé que l'exposé d'un appareil compliqué constituerait pour eux un excellent exercice théorique, qui leur facilitera plus tard l'étude des différents systèmes fonctionnant dans la pratique

Digitized by Google



Derrière la plaque Q, c'est-à-dire en dedans du métier, se trouve fixée à cette plaque, au moyen d'une vis, une pièce à fourche D, portant entre ses branches un levier M, à bras inégaux *a o*, *d o*. Ce levier est mobile autour du point *o* ; il est aussi terminé en fourche à ses deux extrémités. Entre les branches de la fourche inférieure

Digitized by Google

s'articule en *a* l'extrémité d'une romaine R, portant à son extrémité un poids P. Un tirant T vient s'accrocher en *b* au moyen d'une goupille qui traverse deux joues faisant corps avec la romaine. A son autre extrémité, ce tirant est fileté sur une certaine longueur et reçoit, après avoir traversé une pièce appelée sellette, un écrou à ailes V. On voit qu'au moyen de cet écrou on peut forcer la romaine à tourner autour du point *a*. La sellette porte en *g* un coussinet en cuivre qui presse sur un axe reliant deux rouleaux de pression agissant sur deux galets de l'étireur. On conçoit sans peine comment la pression exercée par le poids P sur la romaine se transmet en partie, par l'intermédiaire du tirant T et de la sellette, aux deux rouleaux inférieurs.

Un autre tirant T', accroché à l'extrémité *d* du levier M vient appuyer, au moyen d'un autre coussinet en cuivre, sur un axe reliant deux rouleaux *f* agissant sur deux galets du fournisseur. Ce coussinet fait corps avec deux lames en cuivre *z* guidées par un curseur *u* aussi en cuivre, et calé, au moyen d'une petite vis, sur la sellette. Cette disposition a pour but de maintenir l'axe des rouleaux *f* bien parallèle au fournisseur. Il est encore aisé ici de concevoir comment la pression se transmet aux rouleaux *f*. En effet, le poids P tendant à faire tourner la romaine autour du point *b*, pousse en *a* le levier M qu'il tend à faire tourner autour du point *o*. La pression en *a* se transmet en *d*, et par l'intermédiaire du tirant T', aux rouleaux *f*.

Cherchons maintenant à calculer approximativement les pressions transmises aux rouleaux. Nous disons approximativement, parce qu'un résultat rigoureusement exact suppose un appareil construit et fonctionnant avec une précision mathématique, condition qu'il est impossible de réaliser dans la pratique, au moins pour l'appareil qui nous occupe.

Digitized by Google

CALCUL DE LA PRESSION SUR L'ÉTIREUR (fig. inférieure, page 324). — Le système étant en équilibre, nous supposons le point a fixe et la romaine sensiblement horizontale. Soit L la longueur ac de cette romaine. La force P qui la sollicite autour du point a a pour *moment*, par rapport à ce point, le produit de sa valeur par sa distance L au point a, soit :

$$L\,P.$$

La force Q qui maintient le poids P en équilibre agit sur le levier ab obliquement à sa direction. Elle se décompose en deux autres forces, l'une dirigée suivant ba, détruite par la résistance du point a ; l'autre suivant bk, normale à ab, et ayant pour valeur :

$$Q \cos. \varphi$$

φ étant l'angle que fait la direction de la force Q avec la normale à ab. La distance de la force Q cos φ au point a étant $ab = l$, son moment est :

$$l\,Q \cos. \varphi.$$

Mais les forces P et Q cos φ se faisant équilibre, leurs moments sont égaux, et l'on a :

$$Q\,l \cos. \varphi = L\,P$$

d'où

$$Q = \frac{L\,P}{l \cos. \varphi}.$$

Cette pression Q qui au moyen du tirant T se transmet à la sellette, agit comme si elle était appliquée en un point i de la ligne des centres gt. Nous admettons que ce tirant T est sensiblement perpendiculaire à gt. Soit $gt = \lambda$; $it = x$, et q la pression transmise en g. Nous aurons :

$$\lambda q = x\,Q = \frac{x\,L\,P}{l \cos. \varphi}$$

d'où

$$q = \frac{x\,L\,P}{\lambda\,l \cos. \varphi}.$$

Digitized by Google

Telle est la formule de la pression transmise à l'axe reliant deux rouleaux appliqués sur l'étireur.

APPLICATION NUMÉRIQUE. — Les dimensions de l'appareil sont, pour les métiers de 2 3/4 d'écartement :

$$L = 314\ ^{m}/_{m};\ \lambda = 118\ ^{m}/_{m};\ x = 83\ ^{m}/_{m};\ l = 34\ ^{m}/_{m};\ P = 5 \text{ kilog.};\ \varphi = \text{environ } 25^{\circ}.$$

La formule donne ainsi pour les deux rouleaux :

$$q = \frac{83 \times 314 \times 5}{118 \times 34 \times \cos. 25^{\circ}} = 35^{kil.}840.$$

En réalité la pression est un peu supérieure, car nous n'avons pas tenu compte du poids de la romaine.

CALCUL DE LA PRESSION SUR LES FOURNISSEURS. — Cette pression s'effectue par des rotations autour des points b et o. Il faut donc supposer ces points fixes. Les forces qui sollicitent la romaine autour du point b sont :

1° La force P qui tire perpendiculairement à $a\,c$;

2° Une force inconnue π qui pousse suivant $a\,c$.

Ces forces se faisant équilibre, leurs moments par rapport au point b sont égaux. Du point b abaissons une perpendiculaire sur $a\,c$. La distance de la force P au point b sera $a\,j = L - l'$; et celle de la force π, $b\,j = h$. Nous avons donc :

$$\pi\,h = (L - l')\,P$$

d'où

$$\pi = \frac{L - l'}{h}\,P.$$

Cette force π fait avec la normale à $a\,o$ un certain angle β.

Digitized by Google

Sa projection sur cette normale est donc :

$$\pi' = \frac{L - l'}{h} P \cos. \beta$$

Soient $a\,o = n$; $o\,d = m$, et supposons l'angle $f\,d\,o$ sensiblement droit, ce qui est le cas de la pratique. Si p est la force transmise en f, nous aurons :

$$p \times m = \frac{n\,(L - l')}{h} \cdot P \cos. \beta$$

d'où

$$p = \frac{n}{m} \times \frac{L - l'}{h} P \cos. \beta.$$

Telle est la formule qui donne la pression transmise par deux rouleaux sur le fournisseur.

APPLICATION NUMÉRIQUE. — On a :

$L = 314\ ^m/_m$; $l' = 26\ ^m/_m$; $h = 25\ ^m/_m$; $n = 34\ ^m/_m$; $m = 57\ ^m/_m$;
$P = 5$ kilog.; $\beta =$ environ $35°$.

La formule devient ainsi :

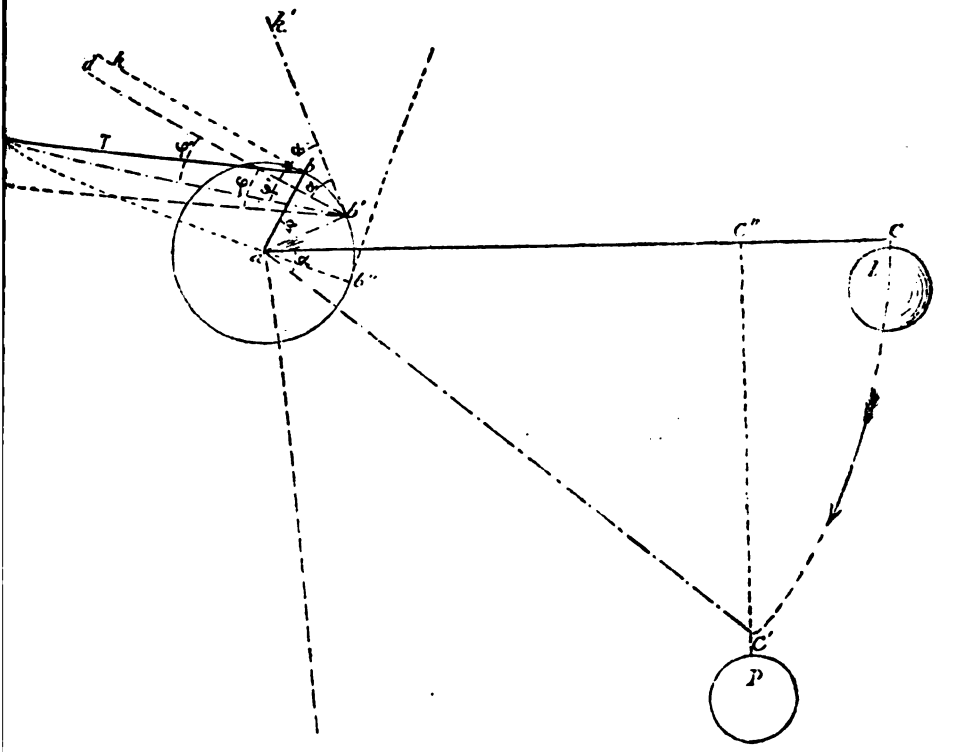
$$p = \frac{34\,(314 - 26) \times 5}{57 \times 25} \cos. 35° = 27^{kil.}890,$$

soit pour les deux rouleaux environ 28 kil.

EXAMEN DE LA VARIATION DES PRESSIONS. — Dans les calculs qui précèdent, nous avons supposé la romaine horizontale. Or, l'écrou à ailes a pour but de permettre de faire varier la direction de la romaine afin de faire varier la pression soit sur l'étireur, soit sur le fournisseur. Voyons comment les choses se passent. Supposons d'abord qu'on déserre l'écrou, ce qui aura pour effet de faire baisser la romaine en lui donnant une inclinaison que nous appellerons α. Le poids P, au lieu d'agir sur un

Digitized by Google

bras de levier $a\,c$, agira sur sa projection $a\,c'' = \mathrm{L}\cos\alpha$.



Le tirant T se sera allongé, ayant décrit autour du point i un certain angle $b\,i\,b'$. Le levier $a\,b$, venu en $a\,b'$, aura décrit le même angle α que le levier $a\,c$. L'angle φ que faisait primitivement le tirant T avec la normale à $a\,b$ sera maintenant $\varphi' + \alpha$, φ ayant diminué de la quantité $b\,i\,b' = i\,b'e$. L'expression de la pression q devient donc :

$$q = \frac{x\,\mathrm{L\,P}\cos.\,\alpha}{\lambda\,l\cos.\,(\varphi' + \alpha)}.$$

On sait que le cosinus d'un angle varie de 1 à 0 quand cet angle varie de 0 à 90°; le cosinus est donc d'autant plus petit que l'angle est plus grand. Or, quelle que soit la valeur de φ', on aura toujours $(\varphi' + \alpha) > \alpha$; par conséquent cos. $(\varphi + \alpha)$ sera toujours plus petit que cos. α. D'autre part il

Digitized by Google

est visible que la ligne variable ib étant constamment plus grande que la ligne $a\,b$, l'angle α croît plus rapidement que l'angle $b\,i\,b'$. Donc cos. $(\varphi' + \alpha)$ décroît plus rapidement que cos. α, d'où l'on conclut que la pression q va en augmentant.

Ainsi, lorsque l'on déserre l'écrou V, la pression sur l'étireur augmente. On peut du reste s'en convaincre à l'inspection de la figure. En effet, au fur et à mesure que le levier $a\,b$ descend, la distance du tirant T au point a diminue; or cette distance étant le levier effectif suivant lequel agit la tension du tirant, il est clair que plus ce levier effectif sera petit, plus la tension du tirant devra être grande pour faire équilibre à la pression du poids P. Quand le tirant et le levier $a\,b$ viennent se placer dans la même direction $i\,a\,b''$, le levier effectif devient nul. L'angle $(\varphi' + \alpha)$ égale alors 90°, et cos. $(\varphi' + \alpha) = 0$. Théoriquement cela signifierait qu'à ce moment la pression

$$q = \frac{x\,\mathrm{L\,P\,cos.}\,\alpha}{\lambda\,l\,\mathrm{cos.}\,(\varphi' + \alpha)} = \infty$$

est infinie. Dans la pratique, si on amenait le tirant en $i\,a\,b''$, la pression du poids P aurait pour effet de faire tourner $a\,b''$, de changer le sens de la pression et par conséquent de refouler le tirant T.

Supposons qu'au lieu de déserrer l'écrou V, on le serre au contraire. Dans ce cas la romaine remontera, l'angle α au lieu de s'ajouter à l'angle φ devra s'en retrancher et la formule deviendra :

$$\frac{x\,\mathrm{L\,P\,cos.}\,\alpha}{\lambda\,l\,\mathrm{cos.}\,(\varphi' - \alpha)}.$$

L'angle $\varphi' - \alpha$ diminuant, cos. $(\varphi' - \alpha)$ augmente, tandis que cos. α diminue. La pression q va donc en diminuant et atteint son minimum quand $(\varphi' - \alpha) = 0$, c'est-à-dire quand cos. $(\varphi' - \alpha) = 1$. $i\,b$ est alors perpendiculaire à $a\,b$.

Digitized by Google

La pression continue de diminuer jusqu'au moment où $\alpha = 90^{\circ}$. La pression alors devient nulle et tend à changer de sens. Ainsi quand on serre l'écrou V, la pression sur l'étireur diminue.

Voyons ce qui se passe aux fournisseurs. Les longueurs fd, do, oa, page 324, étant constantes, on peut supposer le point a à peu près immobile. Donc quand la romaine baisse, l'angle α qu'elle décrit s'ajoute à l'angle β qu'elle fait primitivement avec la normale $a\,o$. La formule de la pression sur le fournisseur est donc alors

$$p = \frac{n}{m} \times \frac{L - l'}{h} \cos.\,(\beta + \alpha).$$

On voit que quand la romaine s'abaisse, l'angle $\beta + \alpha$ augmente; donc cos. $(\beta + \alpha)$ diminue; il en est de même de la pression p.

Quand au contraire la romaine remonte, l'angle α se retranchant de l'angle β, cos. $(\beta - \alpha)$ augmente, et par suite la pression p augmente.

Ainsi, en résumé, quand on baisse la romaine, on augmente la pression sur l'étireur, mais on la diminue sur le fournisseur; quand on remonte la romaine, on diminue au contraire la pression sur l'étireur, mais on l'augmente sur le fournisseur. C'est à l'expérience d'apprendre quel rapport il convient de mettre entre les pressions exercées sur ces deux cylindres.

CALCUL DES VITESSES.

VITESSE DE LA POULIE (voir la fig. page 317). — Désignons par V la vitesse de la transmission, par D le diamètre de

Digitized by Google

sa poulie, par P celui de la poulie du métier. La vitesse du tambour sera :

$$V_T = \frac{V D}{P}. \qquad (1)$$

VITESSE DES BROCHES. — En désignant par d le diamètre du tambour et par d' celui de la noix des broches, la vitesse des broches est :

$$V_{br.} = \frac{V D d}{P d'}. \qquad (2)$$

VITESSE DE L'ÉTIREUR. — La roue A de 28 dents calée sur l'axe du tambour commande une roue de 96 dents; celle-ci est mariée au pignon de rechange R qui, par intermédiaire, commande la roue C de 120 dents calée sur l'axe de l'étireur. La vitesse de cet étireur est donc celle $\frac{V D}{P}$ du tambour multipliée par les rapports $\frac{28}{96}$, $\frac{R}{120}$, soit :

$$V_E = \frac{V D \times 28 \times R}{P \times 96 \times 120}. \qquad (3)$$

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉTIREUR. — L'étireur a $2\ ^3/_4 = 2{,}75$ pouces de diamètre; son développement est donc sa circonférence $\pi\ 2{,}75$ multipliée par sa vitesse, soit :

$$d_E = \frac{V D \times 28 \times R \times \pi \times 2{,}75}{P \times 96 \times 120}. \qquad (4)$$

TORSION. — Le développement de l'étireur donne la longueur de fil produite en une minute. On a vu pages 312 à 315 que la torsion a pour effet de réduire cette longueur d'environ 7 $^0/_0$. La longueur réelle produite en une minute est donc l'expression précédente multipliée par 0,93, c'est-à-dire :

$$l_f. = \frac{V D \times 28 \times R \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93}{P \times 96 \times 120}. \qquad (5)$$

Or, cette longueur (qui est exprimée en pouces) a un

Digitized by Google

nombre total de tors exprimé par la vitesse des broches. Si donc on divise cette vitesse par la dernière expression, on aura le nombre de tors par pouce, c'est-à-dire la torsion, soit après réductions :

$$\theta = \frac{d \times 96 \times 120}{d' \times 28 \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93 \times R}. \qquad (6)$$

PIGNON DE TORSION. — De la formule (6) on tire :

$$R = \frac{d \times 96 \times 120}{d' \times 28 \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93 \times \theta}. \qquad (7)$$

formule qui donne le nombre de dents de la roue R en fonction de la torsion. Comme on a (page 292), $\theta = 2\sqrt{N}$, N étant le numéro du fil, il vient en substituant :

$$R = \frac{d \times 96 \times 120}{d' \times 28 \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93 \times 2\sqrt{N}}. \qquad (7\text{ bis})$$

On voit que le pignon de torsion R est en raison inverse de la racine carrée du N° du fil (*).

VITESSE DU FOURNISSEUR. — La roue de 20 dents calée à l'autre extrémité de l'étireur en commande une de 60, laquelle est mariée à une roue variable R′ qui à son tour en commande une de 60 calée sur le fournisseur. La vitesse de celui-ci est donc celle de l'étireur multipliée par les rapports $\frac{20}{60} = \frac{1}{3}$; $\frac{R'}{60}$, ou

$$V_r = \frac{VD \times 28 \times R \times R'}{P \times 96 \times 120 \times 3 \times 60}. \qquad (8)$$

(*) En remplaçant dans les formules (7) et (7 bis) d et d' par leurs valeurs $d = 10$, $d' = 1{,}25$, et effectuant les calculs, on troupe :

$$R = \frac{449{,}2}{\theta} = \frac{449{,}2}{2\sqrt{N}}.$$

449,2 est le nombre constant qu'il faut diviser par la torsion, ou encore par le double de la racine carrée du n° du fil, pour avoir le pignon de torsion correspondant.

Digitized by Google

DÉVELOPPEMENT DU FOURNISSEUR. — Le fournisseur a $1\frac{1}{2} = 1{,}5$ pouces de diamètre et par conséquent une circonférence de π 1,5. Son développement est donc :

$$d_f = \frac{VD \times 28 \times R \times R' \times \pi \times 1{,}5}{P \times 96 \times 120 \times 3 \times 60}. \qquad (9)$$

LAMINAGE DU MÉTIER. — C'est le rapport du développement de l'étireur à celui du fournisseur, soit après multiplications :

$$\frac{d_e}{d_f} = L = \frac{2{,}75 \times 3 \times 60}{1{,}5 \times R'}. \qquad (10)$$

PIGNON DE LAMINAGE. — De la formule précédente on tire :

$$R' = \frac{275 \times 18}{15\,L} = \frac{330}{L} \qquad (11)$$

formule qui donne le nombre de dents du pignon R′ en fonction du laminage (*).

VITESSE DU PIGNON DE LANTERNE. — La vitesse du pignon G de 122 dents est celle $\frac{VD \times 28}{P \times 96}$ de la roue R multipliée par le rapport $\frac{R}{122}$ ou $\frac{VD \times 28 \times R}{P \times 96 \times 122}$. La roue G est mariée à une roue de 18 dents qui en commande une de 64 ; celle-ci porte une roue de 14 qui en commande aussi une de 64 calée sur l'axe du pignon de lanterne. La vitesse de ce pignon est donc celle de la roue G multipliée par les rapports $\frac{18}{64}$, $\frac{14}{64}$, soit :

$$V_{lant.} = \frac{VD \times 28 \times R \times 18 \times 14}{P \times 96 \times 122 \times 64 \times 64}. \qquad (12)$$

On voit que la vitesse du pignon de lanterne dépend du

(*) 330, nombre constant.

Digitized by Google

pignon de torsion R et par suite du N° du fil, puisque pignon R dépend lui-même du N° du fil. Plus le numéro est élevé, plus le pignon R est petit et plus aussi est petite la vitesse du pignon de lanterne. On a vu formule (7 bis) page 333, que le pignon R est en raison inverse de la racine carrée du N° du fil.

DURÉE DE LA COURSE DES BOBINES. — Le pignon de lanterne porte 9 dents; la lanterne en porte en tout 78. Quand le pignon a commandé la moitié de ces 78 dents, il s'est produit une montée d'un côté et une descente de l'autre. Le pignon de lanterne a alors fait $\frac{78}{2 \times 9} = \frac{39}{9}$ tours. Autant de fois cette valeur est contenue dans la vitesse (12) du pignon de lanterne, autant il y a de courses simples dans une minute, soit :

$$n_{courses} = \frac{VD \times 28 \times 18 \times 14 \times 9 \times R}{P \times 96 \times 122 \times 64 \times 64 \times 39}. \qquad (13)$$

En divisant 1 par ce nombre de courses à la minute, c'est-à-dire en renversant l'expression précédente, on a la durée d'une course :

$$T_{course} = \frac{P \times 96 \times 122 \times 64^2 \times 39}{VD \times 28 \times 18 \times 14 \times 9 \times R}. \qquad (13\text{ bis})$$

LONGUEUR DES COURSES. — On donne généralement aux bobines une course égale à l'écartement des broches. Pour le métier qui nous occupe elle est donc de 2 3/4 pouces. Elle se règle au moyen de la tête *t t* placée au bas de la tige de lanterne et qui, par des chaînes, commande les poulies calées sur les arbres de monte-et-baisse. On voit sans peine qu'en déplaçant cette tête dans la coulisse que porte la tige de lanterne, on peut augmenter ou diminuer le développement des chaînes et par suite trouver le développement qui convient exactement à la course à donner aux bobines.

Digitized by Google

FORMULE GÉNÉRALE DE LA PRODUCTION DU MÉTIER. — Nous supposons la semaine de travail de 6 journées de 12 heures.

V vitesse de la transmission ;
D diamètre de la poulie de transmission ;
P id. id. du métier ;
d id. du tambour ;
d' id. de la noix des broches ;
n nombre de broches du métier ;
N numéro du fil ;
p perte de temps due aux divers arrêts.

Nous aurons pour la vitesse des broches :

$$V_{br.} = \frac{V D d}{P d'}.$$

La torsion par pouce étant $\theta = 2\sqrt{N}$, chaque broche produira par minute :

$$\frac{V D d}{P d' 2\sqrt{N}} \text{ pouces de fil,}$$

ou

$$\frac{V D d}{P d' 2\sqrt{N} \times 36} \text{ yards.}$$

Le métier ayant n broches, sa production par minute sera :

$$\frac{V D d n}{P d' 2\sqrt{N} \times 36} \text{ yards.}$$

et en 6 jours de 12 heures soit $6 \times 12 \times 68$ minutes :

$$\frac{V D d n \times 6 \times 12 \times 60}{P d' 2\sqrt{N} \times 36} \text{ yards.}$$

Digitized by Google

Le paquet ayant 360,000 yards, on aura donc en paquets :

$$\frac{V\,D\,d\,n \times 6 \times 12 \times 60}{P \times d' 2\sqrt{N} \times 36 \times 360000} \text{ paquets.}$$

Enfin la perte due aux arrêts étant de p pour $^0/_0$, la production effective est les $\frac{100-p}{100}$ de l'expression précédente, soit :

$$x = \frac{V\,D\,d\,n \times 6 \times 12 \times 60\,(100-p)}{P\,d' 2\sqrt{N} \times 36 \times 360000 \times 100}$$

ou après simplifications :

$$x = \frac{V\,D\,d\,n\,(100-p)}{P\,d'\sqrt{N} \times 600000} \text{ paquets.} \qquad (14)$$

Remarque. — On peut encore calculer la production du métier en se basant sur le développement de l'étireur. On a vu page 332, form. (5), que cet étireur donne par minute, en tenant compte de 7 $^0/_0$ de perte en longueur due à la torsion, une longueur de fil de :

$$l_m = \frac{V\,D \times 28 \times R \times \pi\,2{,}75 \times 0{,}93}{P \times 96 \times 120} \text{ pouces.}$$

En multipliant ce résultat par le nombre n de broches, par $6 \times 12 \times 60 \frac{(100-p)}{100}$, puis divisant par 36 et par 360000, on obtient une autre expression de la production du métier :

$$x = \frac{V\,D \times 28 \times R \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93 \times n\,(100-p)}{P \times 96 \times 120 \times 36 \times 360000 \times 100}. \qquad (14\,\text{bis})$$

Si dans cette formule on remplace R par sa valeur donnée à la formule (7 bis), on retrouve la formule (14).

Digitized by Google

APPLICATIONS NUMÉRIQUES. — Un métier de 2 $^3/_4$ pouces a les dimensions de la page 316. Il porte une poulie de 12 pouces, commandée par une poulie de 40 pouces placée sur une transmission faisant 135 tours à la minute. On y fait du fil N° 30, avec une mèche de banc devant être étirée de 11. On demande:

1° La vitesse des broches;
2° Le pignon de torsion;
3° Le pignon de laminage;
4° La production du métier, la perte due aux arrêts étant de 15 °/₀.

1° La vitesse des broches est donnée par la formule (2).

$$V_{br.} = \frac{135 \times 40 \times 10}{12 \times 1{,}25} = 3600 \text{ tours.}$$

2° Pignon de torsion, formule (7 bis):

$$R = \frac{10 \times 96 \times 120}{1{,}25 \times 28 \times \pi \times 2{,}75 \times 0{,}93 \times 2\sqrt{30}} = 38{,}67$$

soit 38 ou 39 dents.

3° Pignon de laminage, formule (11).

$$R' = \frac{275 \times 18}{15 \times 11} = 30 \text{ dents.}$$

4° Production du métier, formule (14):

$$x = \frac{135 \times 40 \times 10 \times 200 \times 85}{12 \times 1{,}25 \times \sqrt{30} \times 600000} = 18{,}62$$

soit 18 paquets et 1/2.

Digitized by Google

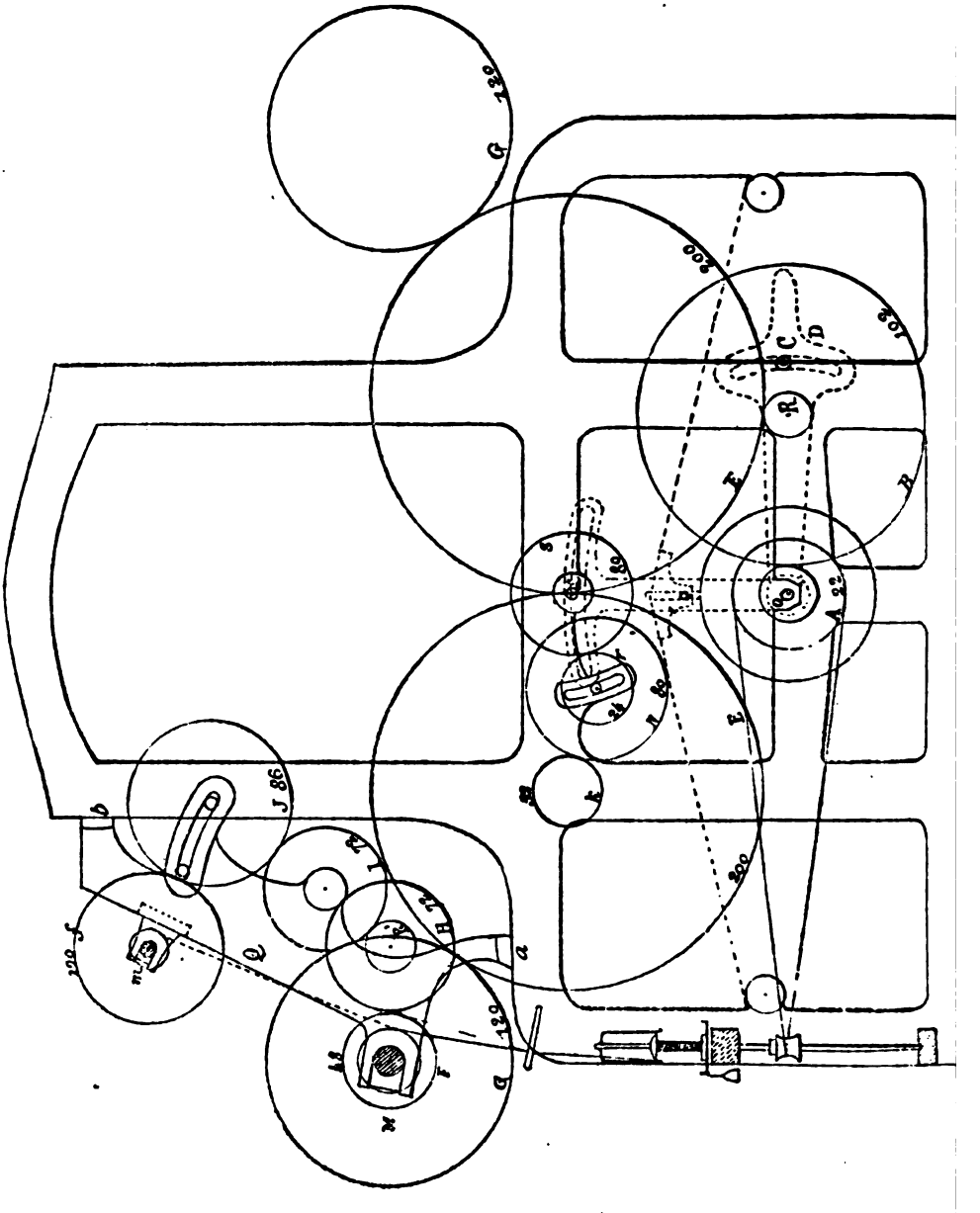
DESCRIPTION DU MÉTIER A FILER AU SEC.

Nous avons déjà dit, page 290, que le métier à filer au sec ne diffère du métier à filer au mouillé que dans la forme et la disposition différentes de certains organes. La figure suivante montre l'élévation de l'un des bâtis extrêmes et la disposition des organes du mouvement, côté de la commande. Le métier n'a qu'un tambour commandant les broches des deux faces. Quelquefois le métier a deux tambours, un pour la commande de chaque face. Dans ce cas, les mouvements de chaque face sont indépendants l'un de l'autre.

Une pièce Q fixée au bâti en *a* et en *b* porte, à sa partie inférieure, une mâchoire fixe M. Dans cette mâchoire est fixé un coussinet dans lequel tourne l'étireur. A sa partie supérieure, la pièce Q porte une autre mâchoire *m* destinée à recevoir le coussinet dans lequel tourne le fournisseur. Cette seconde mâchoire est tantôt fixe, tantôt mobile, suivant qu'on veut avoir un métier à écartement de cylindres fixe ou mobile. Cet écartement est beaucoup plus grand que celui des cylindres de métiers au mouillé. Dans le filage au sec, les fibres n'étant pas décomposées par l'eau arrivent au fournisseur et à l'étireur avec la longueur qu'elles ont à la mèche du banc. Il est nécessaire que l'écartement des cylindres soit assez grand pour que les fibres ne soient jamais saisies entre les rouleaux par leurs deux extrémités à la fois. Il est donc bon, quand on a à travailler des matières dont la longueur des fibres peut varier, de pouvoir faire varier en conséquence l'écartement des cylindres. Les limites entre lesquelles varie cet écartement sont, pour le plus petit écartement, d'environ 9 pouces; pour le plus grand, de 18 à 19 pouces. Les écartements faibles sont ceux des métiers destinés à filer les étoupes; les écartements forts, ceux des métiers à filer le lin long.

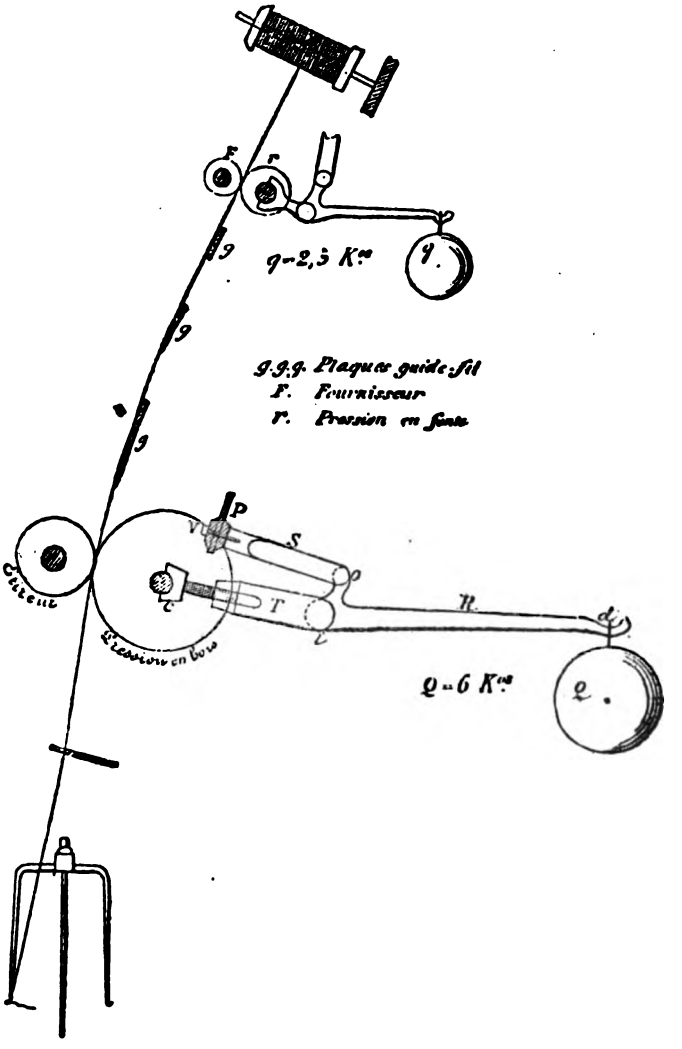
Digitized by Google

Métier à filer au sec.



Digitized by Google

DISPOSITION DES ROULEAUX. — La disposition des rouleaux diffère aussi de celle des métiers au mouillé. D'abord la



matière étant toujours sèche, il n'y a aucun inconvénient à employer des cylindres en fer. Les galets du fournisseur ainsi que les rouleaux en fonte qui y exercent la pression sont cannelés ; les galets de l'étireur, ainsi que leurs rou-

Digitized by Google

leaux de pression en bois. sont lisses. Les rouleaux de pression, au lieu d'être appliqués au-dessus des cylindres, sont appliqués en-dessous, comme le montre la figure.

Aux pièces Q, indiquées à la figure de la page 340, sont fixés des porte-supports P. En regard de chaque paire de broches, les porte-supports sont percés de trous permettant d'y fixer, au moyen d'une vis V, les supports S. A l'extrémité de chaque support s'articule en *o* une romaine R, portant à l'une de ses extrémités un poids Q et s'articulant à l'autre extrémité avec une tige T. Cette tige T porte à l'autre bout un coussinet C destiné à transmettre la pression à l'axe reliant deux rouleaux de pression. Les pressions sur l'étireur et sur le fournisseur sont indépendantes l'une de l'autre, mais d'une disposition analogue.

CALCUL DES PRESSIONS. — Nous supposons la romaine sensiblement horizontale. Le poids Q appliqué à son extrémité tend à la faire tourner autour du point fixe *o*. Désignons par L la distance du point *o* à la verticale qui passe par le centre de gravité du poids Q. Le moment de la force Q, par rapport au point *o*, sera

$$L\,Q.$$

La tige T exerce, dans le sens de son axe, une tension P qui fait équilibre au poids. En désignant par *l* la distance du point *o* à l'axe de la tige T, le moment de la tension P, par rapport au point *o*, sera

$$l\,P.$$

Le système étant en équilibre, les moments du poids Q et de la tension P sont égaux, et l'on a

$$l\,P = L\,Q$$

d'où l'on tire

$$P = \frac{L}{l}\,Q.$$

Digitized by Google

La disposition des systèmes de pression étant identiques, cette formule convient aussi à la pression sur fournisseur.

APPLICATIONS NUMÉRIQUES. — *Pression sur l'étireur.* — Le poids Q est de 6 kilos. On a approximativement pour les longueurs L et l : L = 310 millim. ; l = 30 millim. Donc :

$$P = \frac{310}{30} \times 6 = 62 \text{ kilog.}$$

Pression sur le fournisseur. — Le poids Q est de 2 kilos 5, on a approximativement pour les longueurs L et l : L = 170 millim. ; l 30 millim. Donc :

$$p = \frac{170}{30} \times 2{,}5 = 14^{\text{kil}}.2.$$

On voit que la différence des pressions sur le fournisseur et sur l'étireur est beaucoup plus considérable que dans le métier au mouillé ; cela tient à ce que, dans le métier au sec, es rouleaux fournisseurs sont cannelés, tandis que les rouleaux étireurs sont lisses.

DISPOSITION DES ORGANES DU MOUVEMENT. — L'axe du tambour porte une roue A de 22 dents qui en commande une B de 102 ; celle-ci est mariée à la roue ou pignon de torsion R, dont le nombre de dents est variable. Quand la roue R varie de grandeur, son axe se déplace autour du point *o*. A cet effet, l'axe de la roue R, qui est le même que celui de la roue B, est fixé sur une tige à coulisse D tournant autour de l'axe *o* du tambour et se calant au moyen d'un écrou *c*. Le pignon R commande ensuite les roues Q calées sur les étireurs au moyen des intermé-

Digitized by Google

iaires E. Dans le métier qui nous occupe, les roues E ont 200 dents et les roues G 120.

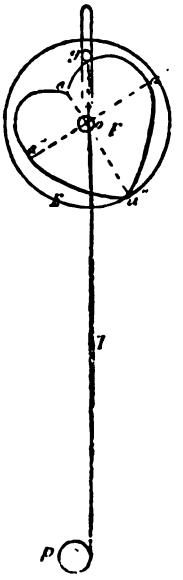
Le mouvement est transmis aux fournisseurs par les roues F calées sur les étireurs. La roue F, qui a 48 dents, en commande une H de 72, mariée au pignon de laminage R'. Le pignon R' commande la roue *f* de 100 dents calée sur le fournisseur au moyen des intermédiaires I et J respectivement de 72 et de 86 dents. Une coulisse circulaire, portant l'axe de la roue J, permet de déplacer le fournisseur pour varier l'écartement des cylindres ; une autre coulisse, qui n'est pas figurée dans la figure de la page 180, permet de déplacer le centre de la roue R' autour de l'étireur pour varier le laminage.

Enfin, l'un des intermédiaires E est marié à une roue *k* de 32 dents ; celle-ci commande, au moyen des roues mariées N = 80 dents, *r* = 24 dents, une roue S de 80 dents calée sur l'axe L du pignon de lanterne.

MOUVEMENT DE MONTE-ET-BAISSE. — Le mouvement de monte-et-baisse se produit généralement au métier au sec comme au métier au mouillé, au moyen d'une lanterne. Quand il y a deux tambours, il y a nécessairement deux lanternes, une pour chaque face, puisque dans ce cas les mouvements des faces sont distincts. Comme la disposition de la lanterne est analogue à celle des métiers au mouillé, nous nous dispenserons, pour éviter des redites, d'en donner la description.

MOUVEMENT PAR EXCENTRIQUE A CŒUR. — Quelquefois le mouvement de monte-et-baisse se produit au moyen d'excentriques à cœur. Chaque face est alors commandée par un excentrique distinct. Un système de roues mariées, commandées par un pignon calé sur le fournisseur, transmet le mouvement à une roue Z placée au haut du bâti. Sur l'axe *o* de cette roue Z est calé un excentrique ι

Digitized by Google



cœur E. En tournant, cet excentrique force un galet g à se mouvoir de bas en haut ou de haut en bas dans une coulisse verticale. A ce galet g est articulée une tige T, portant à sa partie inférieure une chaîne. Celle-ci s'enroule sur une poulie p calée sur l'arbre des monte-et-baisse. Cette poulie tourne dans un sens ou dans l'autre, suivant que le galet g monte ou descend, déterminant ainsi pour l'arbre des monte-et-baisse les mêmes mouvements que ceux que produit une lanterne (*).

BOBINES CYLINDRIQUES OU BOMBÉES. — Les plaques de monte-et-baisse sont au bas de leur course quand le galet est en a; au milieu de leur course quand il est en a' et a'''; au haut de leur course quand il est en a''. Lorsque l'on veut avoir des bobines cylindriques, on donne aux rayons de l'excentrique des accroissements égaux pour des rotations égales. Lorsque l'on veut obtenir des bobines bombées, c'est-à-dire renflées vers leur milieu, on donne aux rayons de l'excentrique des accroissements allant en diminuant de a en a', et en augmentant de a' en a''. De cette façon, les plaques ont un mouvement uniformément retardé en allant des extrémités de la course vers le milieu, et uniformément accéléré en allant du milieu vers les extrémités. Le mouvement étant ainsi plus lent vers le milieu des bobines, on comprend aisément qu'il doit s'y enrouler plus de fil et, par suite, en résulter pour elles la forme bombée.

(*) Généralement, le galet g est porté par un levier dont l'une des extrémités tourne autour d'un point fixe, l'autre extrémité recevant dans une coulisse la tête de la tige T Cette disposition permet de changer la longueur de la course des bobines.

Digitized by Google

CALCUL DES VITESSES. — Nous nous bornerons à donner l'expression des vitesses, en admettant pour le métier qui nous occupe les dimensions suivantes :

V vitesse de la transmission ;
D diamètre de la poulie de transmission ;
P = 15 pouces, diamètre de la poulie du métier ;
d 12 id. id. du tambour ;
d' 1 1/4 id. id. de la noix des broches ;
3 id. écartement des broches ;
3 1/2 id. diamètre de l'étireur ;
1 1/2 id. id. du fournisseur ;
2 1/2 à 2 3/4 id. hauteur des bobines ;
L laminage du métier, de 8 à 16 ;
9 nombre de dents du pignon de lanterne ;
78 id. de la lanterne.

Vitesse du tambour :

$$V_T = \frac{V\,D}{P}. \qquad (1)$$

Vitesse des broches :

$$V_{br.} = \frac{V\,D\,d}{P\,d'}. \qquad (2)$$

Vitesse de l'étireur :

$$V_E = \frac{V \times D \times 22 \times R}{P \times 102 \times 120}. \qquad (3)$$

Développement de l'étireur :

$$d_E = \frac{V\,D \times 22 \times R \times \pi \times 3{,}5}{P \times 102 \times 120}. \qquad (4)$$

Torsion :

$$\theta = 2\sqrt{N} = \frac{102 \times 120 \times d}{22 \times \pi \times 3{,}5 \times 0{,}93 \times d' \times R}. \qquad (5)$$

Digitized by Google

Pignon de torsion :

$$R = \frac{d \times 102 \times 120}{d' \times 22 \times \pi \times 3{,}5 \times 0{,}93 \times 2\sqrt{N}}. \qquad (6)$$

Vitesse du fournisseur :

$$V_f = \frac{VD \times \times R \times 48 \times R'}{P \times 102 \times 120 \times 72 \times 100}. \qquad (7)$$

Développement du fournisseur :

$$d_f = \frac{VD \times 22 \times R \times 48 \times R' \times \pi \times 1{,}5}{P \times 102 \times 120 \times 72 \times 100}. \qquad (8)$$

Laminage du métier :

$$\frac{d_x}{d_f} = L = \frac{35 \times 72 \times 100}{45 \times 15 \times R'}. \qquad (9)$$

Pignon de laminage :

$$R' = \frac{35 \times 72 \times 100}{48 \times 15 \times L}. \qquad (10)$$

Vitesse du pignon de lanterne :

$$V_{lant.} = \frac{VD \times 22 \times R \times 32 \times 24}{P \times 102 \times 200 \times 80 \times 80}.$$

Courses simples par minute :

$$n_{courses} = \frac{VD \times 22 \times R \times 32 \times 24 \times 9}{P \times 102 \times 200 \times 80^2 \times 39}. \qquad (12)$$

Durée de la course :

$$T_{course} = \frac{P \times 102 \times 200 \times 80^2 \times 39}{VD \times 22 \times 32 \times 24 \times 9 \times R}. \qquad (12\text{ bis})$$

PRODUCTION DU MÉTIER. — Elle s'obtient au moyen de la formule générale (14) page 337.

Digitized by Google

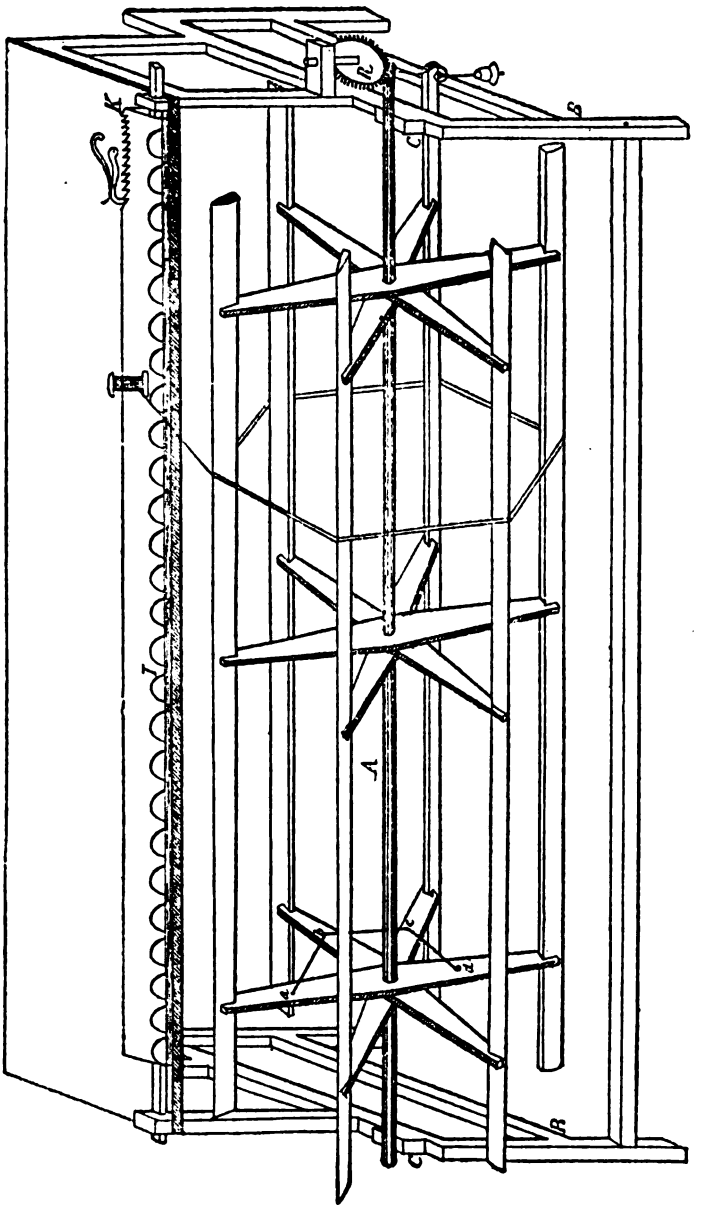
DÉVIDAGE.

Le dévidage est l'opération de filature qui a pour but de mettre en échevettes, puis en écheveaux, le fil produit aux métiers, et qui, alors, se trouve envidé sur des bobines. Quoique le dévidage ne présente aucune difficulté et se fasse, en général, avec des machines d'une extrême simplicité, nous croyons, néanmoins, devoir y consacrer quelques lignes.

DÉVIDOIRS ORDINAIRES. — Ils se composent de deux bâtis extrêmes B B, rendus solidaires au moyen de tringles longitudinales. Ils sont ordinairement doubles, c'est-à-dire à deux faces, de 25 bobines chacune. Les bâtis portent, à chaque face, des coussinets C C, dans lesquels repose un axe A. A cet axe sont fixés un certain nombre de croisillons, ordinairement 6, soit 12 rayons, aux extrémités desquels sont assemblées des tringles horizontales formant le volant du dévidoir. La partie supérieure des bâtis est recouverte d'une planche. Sur la partie antérieure de cette planche est placée une tringle T, dont les extrémités, amincies, traversent des guides, ce qui permet de faire mouvoir ladite tringle de droite à gauche et réciproquement. Une crémaillère K, fixée à la partie droite de la tringle, permet d'en régler le déplacement. Enfin, cette tringle est armée d'autant de fils de fer (ou de cuivre), recourbés en demi-cercles, qu'il y a de bobines. Le fil, partant de la bobine, vient passer entre ces fils de fer guide-fil et se fixer à l'une des tringles du volant. L'ouvrière préposée au dévidage fait mouvoir le volant en appuyant, successivement, les mains sur les tringles horizontales. Le fil se déroule alors de la bobine pour s'enrouler sur le dévidoir.

FORMATION DES ÉCHEVETTES. — Il est nécessaire que

Digitized by Google



Perspective cavalière d'un dévidoir ordinaire.

Digitized by Google

l'ouvrière soit prévenue du moment où la longueur de fil dévidé égale 300 yards, c'est-à-dire une échevette. A cet effet, l'axe A porte, à l'une de ses extrémités, une vis sans fin, dont le filet équivaut à une roue d'une dent. Cette vis engrène avec une roue R, qui porte autant de dents qu'il est nécessaire que le dévidoir fasse de tours pour former une échevette. Le dévidoir ayant fait le nombre de tours voulu, la roue R a fait un tour; un petit taquet qu'elle porte vient alors butter contre un ressort, auquel est fixée une sonnette, laquelle, étant mise en branle, avertit l'ouvrière que l'échevette est formée. L'ouvrière arrête alors son dévidoir, noue les échevettes, au moyen d'un fil spécial; fait avancer la tringle T d'un cran de la crémaillère, puis procède à la formation d'une seconde échevette, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il y en ait douze à chaque bobine.

ENLÈVEMENT DES ÉCHEVEAUX. — Les croisillons mobiles, autour de l'axe A, dans le sens du mouvement du volant, sont rendus stables, au moyen de cordons ou lanières *a b*, *b c*, *c d*; le cordon *c d* est terminé par un crochet. Lorsqu'il s'agit d'enlever les écheveaux, l'ouvrière défait le crochet et replie les croisillons autour de l'axe, comme on fait des rayons d'un éventail, ce qui déforme le périmètre du volant, en en réduisant considérablement la longueur. Il est donc possible, alors, à l'ouvrière, de faire glisser les écheveaux, un à un, vers la gauche du dévidoir, dont elle soulève l'axe hors du coussinet, ce qui lui permel d'enlever, successivement, tous les écheveaux.

DIMENSIONS DU DÉVIDOIR. — On donne, ordinairement, au dévidoir un périmètre de $2^{m}32$, et à la roue R 120 dents, ce qui correspond à 120 tours pour une échevette. En

Digitized by Google

effet, la longueur obtenue alors en yards est, puisque le yard vaut $0^{m}915$

$$\frac{2^{m}32 \times 120}{0,915} = 304 \text{ yards.}$$

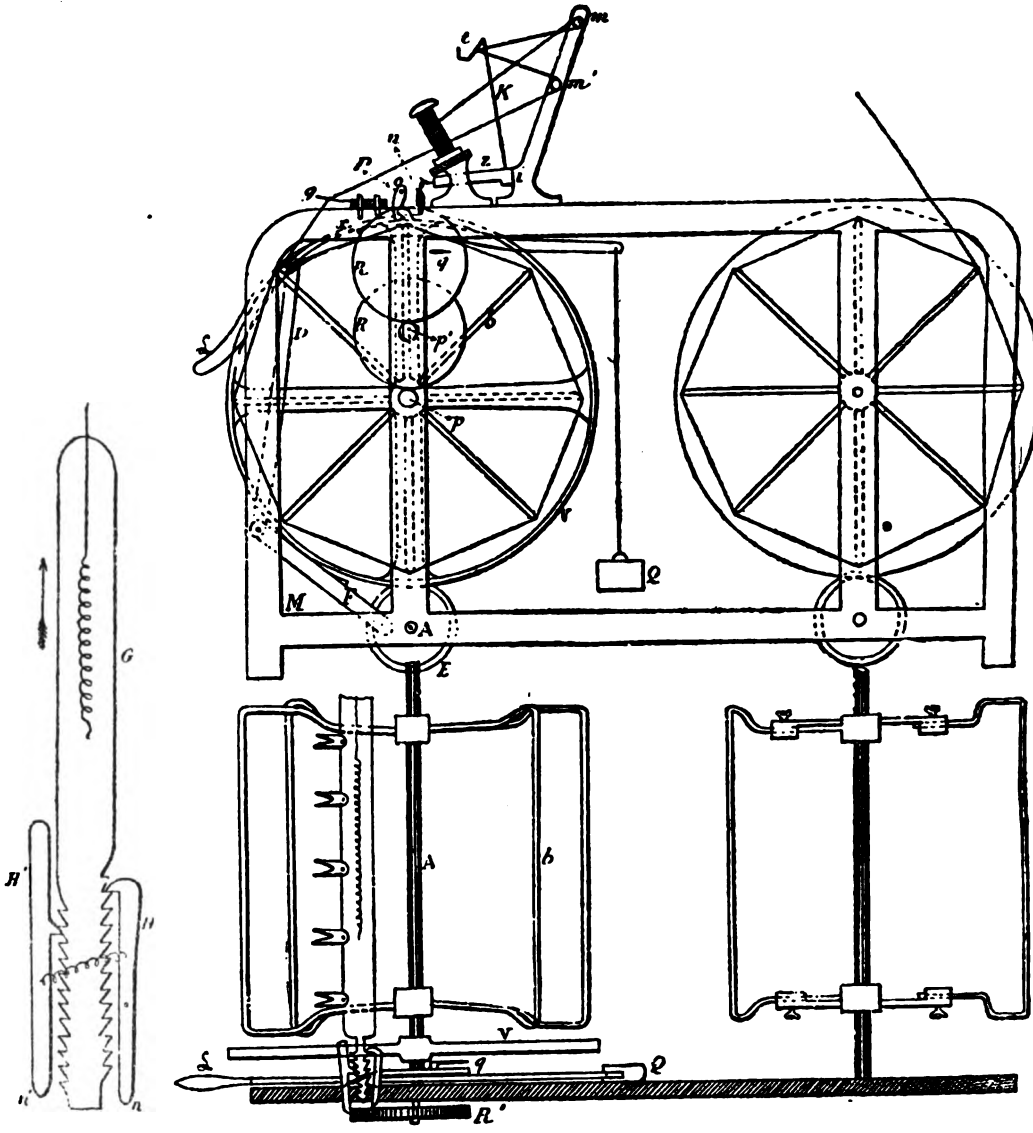
Les 4 yards qu'on trouve en plus servent à compenser les pertes inévitables en longueur, dues aux ruptures qui se produisent dans les fils pendant le dévidage. Or, il est presque impossible à l'ouvrière d'arrêter son dévidoir instantanément; d'autre part, il ne lui arrive pas toujours, non plus, de voir immédiatement qu'un fil est cassé. Il résulte de là, qu'avant qu'elle ait pu retrouver, sur l'échevette, le fil rompu, le dévidoir a quelquefois fait plusieurs tours. Il s'ensuit donc une perte en longueur, qui se compense, approximativement, par le surplus signalé plus haut.

Le dévidoir que nous venons de décrire, marche à la main, mais il est possible, aussi, de le faire marcher mécaniquement. L'axe du dévidoir porte alors une poulie étroite, commandée par une poulie de friction, laquelle reçoit son mouvement d'une transmission. Dans beaucoup de dévidoirs aussi, l'axe repose sur un coussinet spécial, dit demi-lune, et qui permet d'enlever les écheveaux sans soulever l'axe du coussinet. Nous ne nous arrêterons pas à la description de ces machines, parce que leur jeu est trop simple et qu'il suffit d'en examiner une pour en comprendre immédiatement le fonctionnement. Mais il est un nouveau genre de dévidoir que nous ne pouvons passer sous silence, à cause des avantages qu'il présente: nous voulons parler du dévidoir automatique, à casse-fil, de M. Boutemy, filateur, à Lannoy.

Ce dévidoir est, comme les dévidoirs ordinaires, à deux faces, de 25 bobines chacune; seulement, chaque face est composée de cinq têtes de 5 bobines, chaque tête ayant un mouvement indépendant. Le dévidoir marche mécaniquement. Un axe A, qui reçoit son mouvement de la trans-

Digitized by Google

Dévidoir automatique à casse-fil de M. Boutemy, filateur à Lannoy.



Digitized by Google

mission, porte, en regard de chaque tête, une poulie de friction, garnie de cuir, commandant un volant V, calé sur l'axe du dévidoir. Les avantages que présente ce dévidoir sont les suivants :

1° *Lorsqu'un fil casse, la tête à laquelle il appartient s'arrête automatiquement et instantanément ;*

2° *Lorsqu'une échevette est formée, la tête s'arrête automatiquement et instantanément ;*

3° *Lorsqu'une échevette est formée, les guide-fils avancent automatiquement de la quantité nécessaire à la formation d'une nouvelle échevette.*

ARRÊT DU DÉVIDOIR PAR LA RUPTURE D'UN FIL. — Le fil, partant de la bobine, va passer autour d'une tringle en verre bien poli *m*, puis revient s'engager autour d'une petite branche en cuivre *t*, portée par un fort fil de fer K ; de là, il retourne passer autour d'une seconde tringle en verre *m'*, puis va se fixer au dévidoir, après avoir traversé le guide-fil *g*. Le fil de fer K est fixé dans une pièce en bois *z*, presque horizontale et mobile autour du point *i*. A l'extrémité de la pièce *z* pend une petite goupille en bois *u*, dont le poids suffit à faire tourner le système autour du point *i*. Supposons qu'un fil vienne à casser : la tige K n'étant plus retenue par le fil, le système tournera autour du point *i* et la goupille *u* tombera entre les tringles du dévidoir. La tringle *b* entraînera la goupille *u*, qu'elle amènera contre une planche P, mobile autour du point *o* ; la planche P, heurtée violemment, tournera autour du point *o*, de droite à gauche, dégageant ainsi un levier L, qui y est accroché et qui tourne autour du point *x*. Le levier L n'étant plus retenu, le poids Q, suspendu à son extrémité droite, abaissera cette partie en relevant la partie gauche. Mais les deux tringles D et M, articulées entre elles, ainsi qu'au bâti et au levier L, participeront à ce mouvement : la tringle M sera soulevée et viendra presser son frein F contre le volant V, qui sera lui-même

Digitized by Google

légèrement soulevé et cessera, en conséquence, de tourner. Or, le dévidoir porte huit rayons : l'arrêt aura donc lieu avant qu'il ait accompli un huitième de tour. Lorsque l'ouvrière aura rattaché le fil, elle appuiera sur le levier L, pour relever la partie de droite, afin de l'embrayer de nouveau avec la planchette P. Le volant n'étant plus, alors, retenu par le frein F, reposera à nouveau sur la poulie de friction E, qui remettra le dévidoir en mouvement. Chaque tête porte un appareil casse-fil identique.

ARRÊT DU DÉVIDOIR PAR LA FORMATION D'UNE ÉCHEVETTE. — L'axe du dévidoir porte, intérieurement au bâti, un pignon *p*, qui commande une roue R, placée aussi en-dedans ; l'axe de cette roue traverse le bâti et porte, extérieurement, un pignon *p'*, commandant, à son tour, une roue R' égale à la roue R. Enfin, sur l'axe de la roue R', est calé, à l'intérieur, un plateau portant un taquet *q*. Lorsque le dévidoir a formé une échevette, la roue R' et, par suite, le plateau qui lui est solidaire ont fait un tour. Le taquet *q* vient alors butter contre la planche P et agir comme le fait la goupille *u* quand un fil se brise. L'ouvrière noue ses échevettes, puis, au moyen du levier L, remet les choses en place.

DÉPLACEMENT DES GUIDE-FILS A LA FORMATION D'UNE ÉCHEVETTE. — Les guide-fils sont fixés à une planche G, que, pour plus de clarté, nous avons transportée à gauche du dessin. Cette planche est terminée, d'un côté, par une crémaillère, et tirée, de l'autre, par un ressort à boudin. Deux crochets H H', dont les becs s'engagent entre les dents de la crémaillère, empêchent la planche d'obéir à l'action du ressort. Ces crochets, du reste, ont leur bec maintenu contre la crémaillère, aussi au moyen d'un ressort à boudin. Lorsque la roue R' a fait un tour, un taquet qu'elle porte, butte, successivement, contre les extrémités *n* et *n'* des crochets, forçant ainsi, successive-

Digitized by Google

ment, ces crochets à dégager leur bec des dents de la crémaillère. Les becs sont disposés de telle façon qu'à chaque coup de buttoir le ressort fait avancer la crémaillère d'une demi-dent: à chaque tour de la roue R′, les guide-fils avancent donc d'un cran complet.

AUTRE AVANTAGE DES DÉVIDOIRS AUTOMATIQUES. — Aux trois avantages dont nous venons de démontrer la réalité, nous avons à en ajouter un quatrième. Lorsqu'un fil vient à se rompre, il est clair qu'en général la rupture doit se produire à l'endroit où le fil porte un défaut; il est clair encore que cette rupture doit se produire sur la portion du fil comprise entre la bobine et le point où le fil touche le dévidoir. Or, dans les dévidoirs ordinaires, la distance de la bobine au point où le fil touche le dévidoir est relativement assez courte. Donc, quand un fil casse, le bout flottant est très-court et généralement se perd immédiatement sur l'échevette, de sorte que, pour le retrouver, l'ouvrière est quelquefois obligée de faire faire à son dévidoir plusieurs tours. De là, des pertes en longueur et en temps assez considérables. Il n'en est plus de même avec le dévidoir de M. Boutemy: la longueur de fil comprise entre la bobine et le point de contact avec le dévidoir étant, par suite des circuits autour de la branchette *t* et des tringles en verre, assez longue, il en résulte, qu'en général, la rupture doit se produire avant le passage du défaut du fil à la deuxième tringle *m′*. Il reste donc alors un bout flottant assez long, en général plus long que le huitième du périmètre du dévidoir. Or, à chaque rupture, l'arrêt se fait avant que le dévidoir n'ait décrit un huitième de tour. Il faut donc en conclure que presque jamais le bout rompu n'ira se perdre sur le dévidoir, et qu'en conséquence, il n'y aura ni perte en longueur, ni perte en temps due à la recherche du bout rompu. C'est là un avantage qui, certainement, mérite d'être pris en considération. Notons, en outre, que quand

Digitized by Google

un fil casse, une tête seulement se trouve arrêtée, et que le dévidoir marchant mécaniquement, il fonctionne, par ce fait, d'une manière régulière.

DIMENSIONS DU DÉVIDOIR. — Les dimensions sont celles des dévidoirs ordinaires, c'est-à-dire un périmètre de 2^m32. Les roues R et R′, ayant chacune 120 dents, les pignons p, p', l'un 12 dents et l'autre 10 dents, il en résulte encore 120 tours du dévidoir pour une échevette, ainsi que pour un tour de la roue R′. En effet, V étant la vitesse du volant, celle de la roue R′ sera :

$$V' = \frac{V \times 12 \times 10}{120 \times 120} = \frac{V}{120}$$

d'où :

$$V = 120 \times V'.$$

A la rigueur, comme le dévidoir ne produit pas de pertes en longueur, on pourrait prendre un périmètre un peu moindre, donnant exactement une échevette de 300 yards. Il suffit, pour cela, de poser :

$$\frac{x \times 120}{0{,}915} = 300$$

d'où :

$$x = \frac{300 \times 0{,}915}{120} = 2^m29.$$

Ainsi un périmètre de 2^m29 donnerait l'échevette exacte.

PRODUCTION D'UNE FACE PAR JOUR. — Appelons d le diamètre de la poulie de friction, v la vitesse que lui communique la transmission, D le diamètre du volant commandé par la poulie de friction.

Digitized by Google

La vitesse du dévidoir, par minute, sera :

$$V = \frac{V d}{D}. \qquad (1)$$

Et le nombre de tours, par journée de 12 heures, ou de $12 \times 60 = 720$ minutes.

$$N = \frac{V d \times 720}{D}.$$

Le dévidoir devant faire 120 tours pour produire une échevette, le nombre d'échevettes, pour la face, sera donc :

$$n = \frac{V d \times 720 \times 25}{D \times 120}.$$

En divisant par 1,200, on aura le nombre de paquets ; mais il faut déduire les pertes de temps, dues aux ruptures des fils, au nouage des échevettes, ainsi qu'à leur enlèvement. Désignons par p cette perte $^0/_0$. Nous aurons alors, en appelant P le nombre de paquets, par face :

$$P = \frac{V d \times 720 \times 25 \times (100 - p)}{D \times 120 \times 1200 \times 100}. \qquad (2)$$

Dans les dévidoirs de M. Boutemy, $d = 0^m16$, $D = 0^m78$. Supposons, pour montrer une application numérique, que la vitesse v de la poulie de friction soit de 150 tours à la minute, et considérons la perte, due aux différents arrêts, de 20 $^0/_0$. La dernière formule deviendra :

$$P = \frac{150 \times 16 \times 720 \times 25 \times 80}{78 \times 120 \times 1200 \times 100} = 3^{p} \cdot 075.$$

Ainsi, dans ces hypothèses, une face donnerait une production d'environ 3 paquets par jour, soit 6 paquets par dévidoir.

Digitized by Google

LIMITES DES ÉCARTEMENTS ET DES VITESSES DES BROCHES.

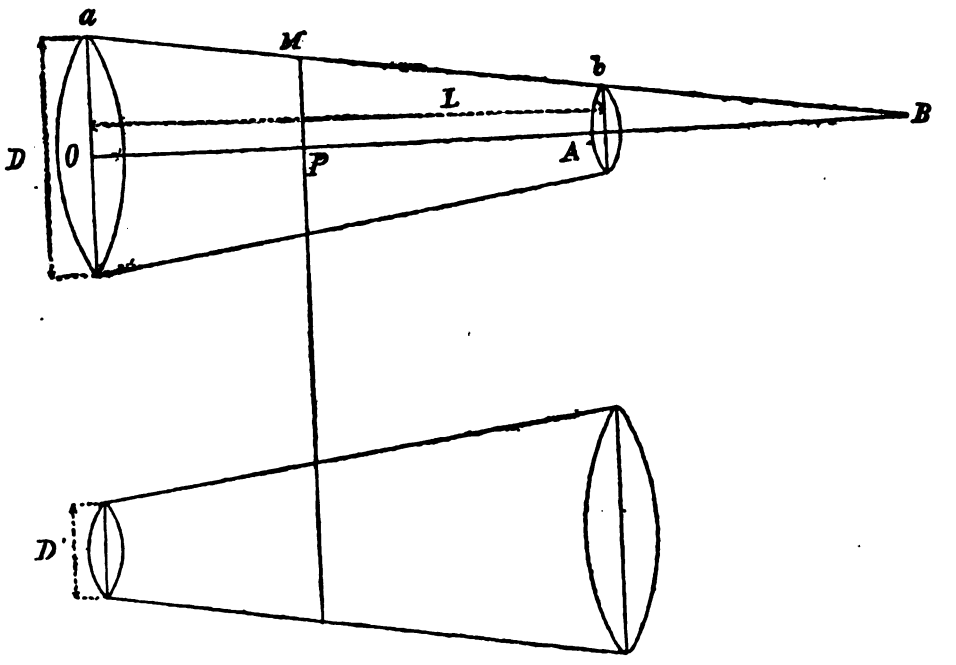
Métiers au mouillé. — Les plus petits écartements des broches pour les métiers au mouillé sont en général de 2 pouces; quelquefois cependant, quand il s'agit de produire des fils extra-fins, on descend jusqu'à 1 3/4 pouce. Les plus grands écartements ne dépassent guère 4 pouces. D'un écartement à l'autre, la variation est en général de 1/4 de pouce. La vitesse normale des broches pour les métiers les plus fins est d'environ 4,000 tours par minute; pour les plus gros, d'environ 2,500 tours. Pour les métiers intermédiaires, la vitesse varie à peu près dans le rapport des écartements. Les chiffres que nous venons de citer n'ont, du reste, rien d'absolu : Indépendamment des écartements, ils dépendent un peu aussi de la qualité de la matière, ainsi que des préparations que celle-ci a subies avant d'arriver au métier. C'est surtout l'expérience qui indique au filateur la limite qu'il ne faut pas franchir.

Métiers au sec. — Pour les métiers au sec, les plus petits écartements des broches sont en général de 3 pouces; les plus grands, de 4 1/2 à 5 pouces. Les métiers de 3 pouces peuvent marcher à une vitesse de 2,800 à 3,000 tours; ceux de 4 1/2 à 5 pouces, à une vitesse un peu supérieure à 2,000 tours. Ici, comme aux métiers au mouillé, la vitesse des broches est un peu subordonnée à la qualité de la matière.

Digitized by Google

APPENDICE A LA THÉORIE DU BANC-A'-BROCHES

CONES DROITS. — Nous avons vu que quand la courroie se déplace sur les cônes de quantités égales, les cônes doivent être courbes, le profil étant une hyperbole. Cherchons quels seront les déplacements de la courroie si, au lieu de cônes courbes, on emploie des cônes droits. Dési-



gnons par X le déplacement OP de la courroie après la Xe course, et par y le rayon MP du cône où, à ce moment, se trouve la courroie. Les triangles semblables aoB, bAB donnent

$$\frac{OB}{AB} = \frac{OB}{OB - L} = \frac{D}{D'}$$

Digitized by Google

d'où

$$\frac{OB}{L} = \frac{D}{D - D'}$$

et

$$OB = L \frac{D}{D - D'}$$

et par suite

$$PB = OB - X = \frac{LD}{D - D'} - X.$$

La comparaison des triangles aoB, MPB, nous fournit

$$\frac{2y}{D} = \frac{PB}{OB} = \frac{\frac{LD}{D - D'} - X}{L \frac{D}{D - D'}}$$

d'où

$$2y = \frac{LD - (D - D')X}{L}.$$

Or, nous avons trouvé, page 229, qu'après le Xe course, la relation qui existe entre y et x est

$$\frac{2y(d + 2d'x)}{D + D' - 2y} = \frac{D'}{dD}.$$

En y remplaçant $2y$ par la valeur précédemment trouvée, nous aurons la relation qui existe, après la Xe course, entre x et X, soit

$$\frac{(D + D') - \frac{LD - (D - D')X}{L}}{\frac{LD - (D - D')X}{L}(d + 2d'x)} = \frac{D'}{dD}$$

expression qu'on ramène aisément à la forme

$$ZX - \frac{LD}{D - D'} Z + \frac{d(D + D')}{2d'D'} X = 0$$

Digitized by Google

en remplaçant x par Z pour éviter toute confusion de lettres. Afin d'affranchir l'équation des paramètres indéterminés d et d', nous écrirons que pour $X = L$, Z doit être égale à $\frac{D'}{2}$, ce qui donne après simplification :

$$\frac{d}{d'} = \frac{D'^2}{(D + D')(D - D')}$$

et, en substituant

$$Z X - \frac{L D}{D - D'} Z = \frac{D'^2}{2 (D - D')} X = 0. \quad (*)$$

Si on pose $D' = \frac{D}{2}$ pour avoir à la grande base es cônes un diamètre double de celui de la petite base, l'équation se réduit à

$$x z - 2 L z + \frac{D}{4} x = o.$$

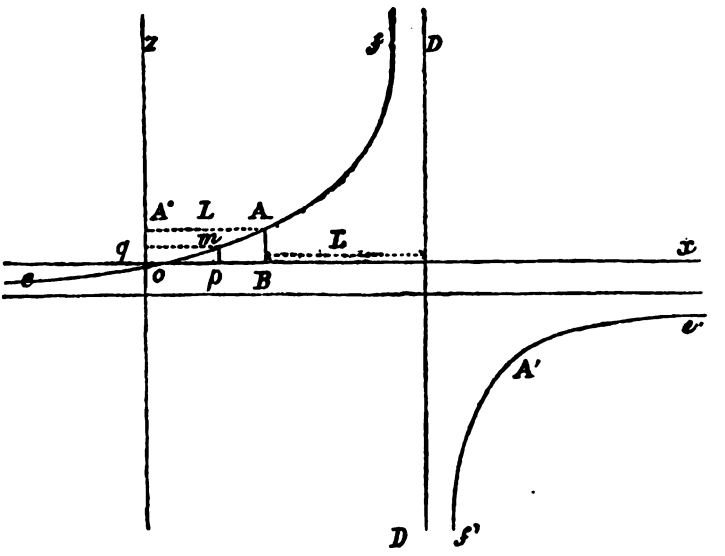
Elle représente une hyperbole équilatère. On en tire

$$z = \frac{4 (2 L - x)}{D x}.$$

LOI DES DÉPLACEMENTS DE LA COURROIE. — Construisons la courbe. Lorsque $x = o$, $z = o$. L'origine des axes est sur la courbe. Lorsque x a une valeur voisine de 2 L, le dénominateur devenant très-petit, la valeur de z devient très-grande, étant positive ou négative suivant que x est supérieure ou inférieure numériquement à 2 L. La droite DD' ou $x = 2$ L, est donc une asymptote de la courbe.

(*) En posant que pour $x = L$, z doit être égale à $\frac{D}{2}$, on élimine non-seulement le rapport $\frac{d}{d'}$, mais on donne à la variable z une autre signification. Avant l'élimination de ce rapport, z représente un nombre déterminé, mais variable, celui des courses du chariot; après l'élimination, z représente, comme x, un déplacement : x représentant un déplacement dans le sens de l'axe du cône, z en représente un dans le sens perpendiculaire à cet axe.

Digitized by Google



x croissant de o à 2 L, le dénominateur reste positif, décroît, et z croît de o à $+\infty$. On obtient la branche oAf. x croissant de 2 L à $+\infty$, le dénominateur qui est négatif, croît numériquement de o à ∞; z part de $-\infty$ pour tendre vers la limite $-\frac{D}{4}$, ce qui est facile à voir en mettant l'équation sous la forme

$$z = \frac{1/4\,D}{\frac{2L}{x} - 1}.$$

Quand $x = \infty$, $\frac{2L}{x} = o$, et il reste :

$$z = \frac{1/4\,D}{-1} = -\frac{D}{4}.$$

on obtient ainsi la branche $f'A'e'$.

Enfin, lorsque la variable x est négative, le dénominateur est toujours positif et z toujours négatif. Pour voir comment varie z quand x varie de o à $-\infty$, écrivons,

Digitized by Google

en mettant les signes en évidence, l'équation sous la forme

$$Z = -\frac{1/4\,D}{\frac{2\,L}{x}+1}.$$

Quand x croît numériquement, $\frac{2L}{x}$ décroît et tend vers o ; z croît numériquement et tend vers la limite $-\frac{D}{4}$.

Ainsi, l'hyperbole a pour asymptotes les droites $x = 2\,L$, $z = -\frac{D}{4}$ parallèles aux axes des coordonnées.

L'arc oA qui correspond aux variations d'x de o à L donne pour chaque course de mèche enroulée sur la bobine, la position correspondante de la courroie sur les cônes. Pour fixer les idées, supposons que la bobine doive avoir 12 couches. Quelle sera à la 6e course la position de la courroie? Prenons $o\mathrm{A}'' = \frac{D}{4}$, différence des rayons des bases des cônes. Partageons $o\mathrm{A}''$ en 12 parties égales, et par la 5e division menons qm parallèle à l'axe ox. qm est le déplacement total de la courroie après la 5e course, c'est-à-dire pendant la 6e. Pour avoir le rayon correspondant du cône droit supérieur, il suffit de retrancher de $\frac{D}{2}$ l'ordonnée mp.

CONSTRUCTION DE LA CAME. — Ainsi, avec des cônes droits, les déplacements de la courroie ne seront plus égaux entre eux, mais égaux aux différences des abscisses de l'arc d'hyperbole oA. Il faudra donc remplacer la poulie circulaire G (page 233), qui, pour des angles égaux, développe des arcs égaux, par une poulie en spirale développant pour des angles égaux, des arcs égaux aux variations des abscisses de l'arc d'hyperbole oA. Pour construire cette spirale, partageons la longueur $\frac{D}{4} = 1\frac{1}{4}$ pouce en un certain nombre de parties égales,

Digitized by Google

en 24, par exemple. Chaque partie sera 1/16 de pouce. Pour trouver les abscisses correspondantes à chaque division, résolvons l'équation

$$z\,x - 2\,\mathrm{L}\,z + \frac{\mathrm{D}}{4}\,x = o$$

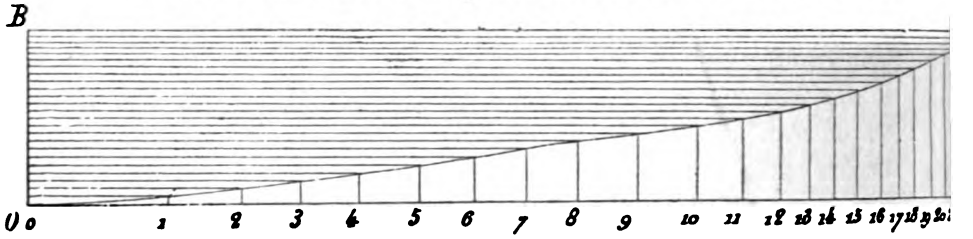
par rapport à x, ce qui donne

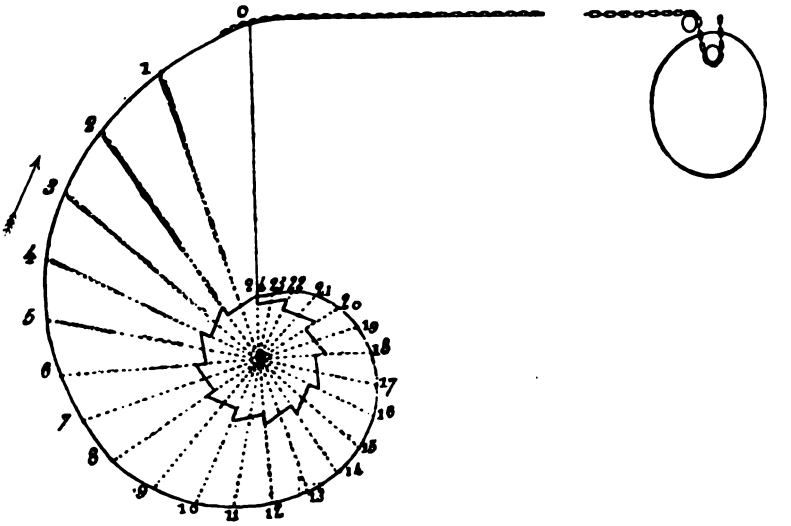
$$x = \frac{8\,\mathrm{L}\,z}{\mathrm{D} + 4\,z}$$

et faisons-y successivement

$$z = o\,;\quad z = \frac{1}{16}\,;\quad z = \frac{2}{16}\,;\quad z = \frac{3}{16}\,.\ .\ .\ .\ \text{etc.}$$

Nous obtiendrons ainsi pour x les valeurs des déplacements totaux correspondant aux 24 courses. Sur une





Digitized by Google

droite oA égale à la longueur $L = 31$ pouces du cône, portons à partir du point o les longueurs trouvées en 01, 02, 03, 04. . . etc. Les distances 01, 1-2, 2-3. . etc., seront les déplacements successifs de la courroie. Pour avoir une came donnant pour des rotations égales des développements égaux à ces longueurs, partageons le plan en 24 parties égales. Après avoir choisi convenablement la position du point le plus rapproché du centre (en 24), reportons entre les angles les longueurs 24-23; 23-22; 22-21, etc., comme le montre la figure, puis faisons passer par tous les points ainsi obtenus un trait continu. Il est visible que la came ainsi construite répond aux développements demandés.

Si on trouvait que la came ainsi construite est trop grande, on diminuerait ses dimensions comme il suit : au lieu de prendre sur OB 24 divisions, on en prendra un plus grand nombre; par exemple 48, en conservant pour le plan 24 divisions; puis on reportera les 48 divisions qui en résultent pour OA comme précédemment. On obtiendra ainsi deux circonvolutions autour du centre pour la même longueur; mais il sera nécessaire de tailler le profil de la came, à gorge héliçoïdale comme cela se fait pour la poulie circulaire. On remarquera que, pour cette seconde came, les angles à décrire pour produire les mêmes développements que précédemment doivent être doubles; la roue à rochet aura donc moitié moins de dents.

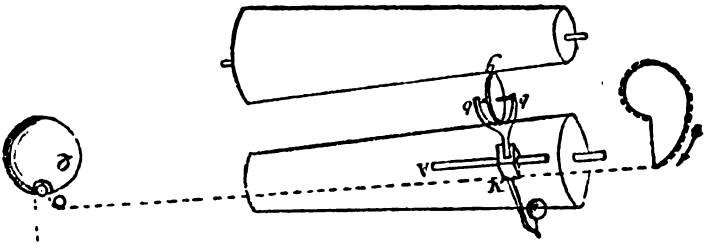
Remarque I. — Afin de rendre la courbe OC plus saillante, fig. de la page 364, nous avons pris l'échelle des longueurs suivant OB, quadruple de celle suivant OA; mais, dans la pratique, pour obtenir une came rigoureuse, il est indispensable d'employer la même échelle pour les longueurs des deux sens.

Remarque II. — Lorsque la came tourne dans le sens

Digitized by Google

indiqué par la flèche, les rayons vecteurs 00, 01, 02, etc., allant en décroissant, on voit que quand ils viennent se placer en 00, les points 0, 1, 2, 3. . . sont placés de plus en plus bas, tandis que le point d'attache de la chaîne au curseur qui déplace la courroie reste toujours à la même hauteur. La chaîne en se déroulant ne reste donc pas horizontale. Il en résulte que les déplacements horizontaux de la courroie ne sont pas rigoureusement égaux aux développements de la chaîne, mais aux projections horizontales de ces développements. Les différences, néanmoins, sont assez petites pour qu'on puisse les négliger dans la pratique, surtout si on emploie une came à deux circonvolutions.

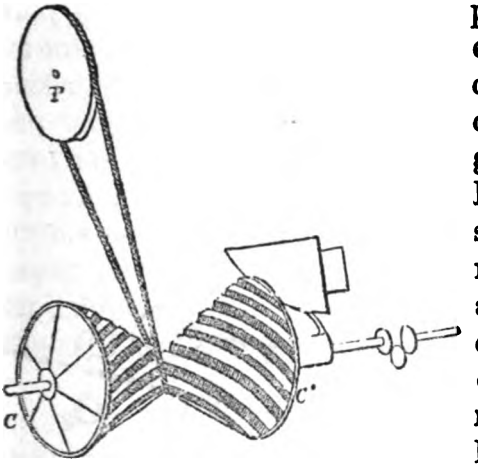
TRANSMISSION DU MOUVEMENT PAR GALET. — Nous avons supposé que le mouvement se transmet d'un cône à l'autre au moyen d'une courroie; mais on peut aussi transmettre le mouvement au moyen d'un galet *g* recouvert de



cuir. Ce galet tourne fou autour d'un petit axe porté par des branches *bb* faisant corps avec un manchon M. Celui-ci, mobile autour d'un axe A, porte une romaine qui, au moyen d'un poids, appuie constamment le galet contre les cônes. Une chaîne, fixée au manchon M, est enroulée d'un côté autour de la came; de l'autre côté, un poids Q qui la tire fait avancer le manchon à chaque échappement de la roue à rochet.

Digitized by Google

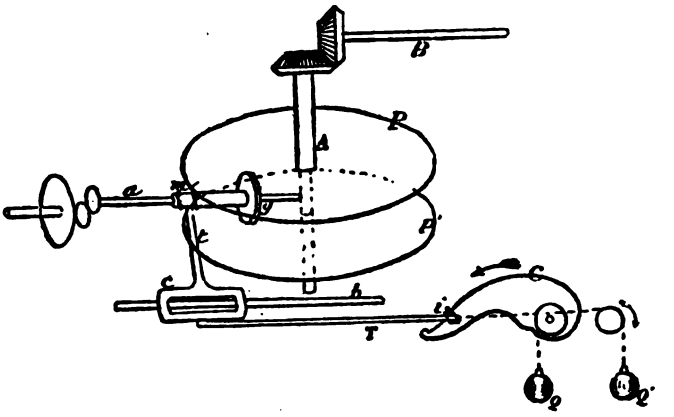
MOUVEMENT PAR CÔNES PÉNÉTRANTS. — L'appareil est composé de deux cônes *c* et *c'* taillés de façon que l'un puisse pénétrer l'autre et augmenter ainsi graduellement le diamètre de l'espèce de poulie à gorge qu'ils forment. Le cône *c* est calé sur son arbre ; le cône *c'* est mobile sur le même arbre dans le sens de droite à gauche. Les cônes reçoivent leur mouvement d'une poulie à gorge P et d'une corde en buffle. A chaque course du chariot, un appareil *ad hoc* soulève l'axe des cônes et fait avancer en même temps le cône *c'* vers la gauche de la quantité nécessaire. L'axe des cônes doit se soulever d'une quantité correspondante à l'accroissement du diamètre de la gorge formée par les cônes, attendu que la courroie conserve toujours la même longueur. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que cet appareil est loin d'avoir la simplicité et partant la commodité de celui des cônes à profil hyperbolique.



MOUVEMENT PAR PLATEAUX DE FRICTION.— Un arbre vertical A qui, par un pignon conique, reçoit son mouvement d'un arbre horizontal B, porte deux plateaux P et P'. Le plateau P est solidaire de l'arbre A, mais le plateau P' tourne librement autour de lui. Un axe *a*, qui, prolongé, passerait par la ligne des centres des plateaux, traverse un manchon portant un galet *g*, recouvert de cuir. Ce manchon peut glisser sur l'arbre *a* qu'il force à tourner avec lui au moyen d'une rainure et d'une languette. A l'autre extrémité l'arbre *a* porte un pignon qui commande,

Digitized by Google

par intermédiaires, la roue différentielle et la lanterne. Un double manchon *c* mobile sur l'arbre *b*, porte une tige *t*,



terminée par une mâchoire *m*. Celle-ci reçoit la gorge du manchon portant le galet *g* et a pour but de faire avancer ce galet de gauche à droite. A cet effet, au double manchon *e* est fixée une tige T terminée par un taquet *i*. Contre ce taquet *i* appuie une came C calée sur l'axe portant le rochet. Quand le rochet laisse échapper une demi-dent, un poids Q tend à faire tourner la came dans le sens indiqué par la flèche; un autre poids Q′ tire, au moyen d'une chaîne, la tige T, et, par suite, le galet *g*, qui se rapproche ainsi du centre des plateaux. Le plateau supérieur est animé d'une vitesse uniforme; en tournant, il transmet son mouvement au galet *g*. Au fur et à mesure que celui-ci se rapproche du centre, le cercle du plateau qui le commande diminue; la vitesse du galet diminue aussi. La came est calculée de façon que les déplacements du galet correspondent exactement aux vitesses à donner aux bobines et à la lanterne.

LOI DES DÉPLACEMENTS DU GALET. — Cherchons la loi des déplacements du galet *g*. Désignons par *d* le diamètre de la bobine, par *d'* celui de la mèche, et par θ la torsion

Digitized by Google

de la mèche. On a vu, page 227 et suivantes, que le retard de la bobine sur la broche pour N tour est alors

$$\frac{N}{\pi d \theta}$$

d'où l'on a déduit pour la vitesse n de la roue différentielle

$$n = \frac{N}{2 \pi d \theta}.$$

Cherchons cette vitesse en fonction de celle M du plateau P. Soit R le rayon du plateau ; appelons R' celui du galet. La vitesse du galet sera

$$\frac{M R}{R'}.$$

Le pignon que porte l'arbre du galet commande la roue différentielle au moyen d'intermédiaires et de roues mariées. On pourrait commander cette route directement en prenant entre le nombre de ses dents et celui du pignon du galet un rapport convenable. Soit K ce rapport nous aurons alors pour n

$$n = \frac{M R K}{R'} = \frac{N}{2 \pi d \theta}$$

Expression que nous écrirons :

$$\frac{2 \pi \theta M K}{N} = \frac{R'}{d R}$$

soit y le déplacement du galet après la Xe course. Le diamètre de la bobine sera alors $d + 2 d'x$, et le rayon du plateau commandant le galet $(R - y)$. L'expression précédente deviendra :

$$\frac{2 \pi \theta M K}{N} = \frac{R'}{d R} = \frac{R'}{(d + 2 d' x)(R - y)}$$

d'où l'on tire :

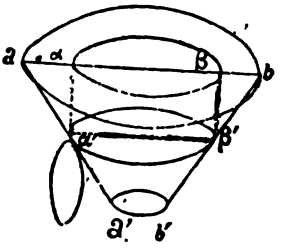
$$d R = (d + 2 d' x)(R - y)$$

et

$$2 d' (R - y) x - d y = o.$$

Digitized by Google

Cette équation renferme encore deux indéterminées d et d' dont nous allons l'affranchir. Soient $a\,b$ et $a'\,b'$ les cercles qui commandent le galet au commencement et à la fin des courses. Traçons le cercle $a\,b$ sur le plateau supérieur et le cercle $a'b'$ sur le plateau inférieur, puis construisons le tronc de cône qui a ces cercles pour bases. Soit $\alpha\,\beta$ le cercle qui commende le galet après la Xe course. La projection de ce cercle sur le tronc de cône est visiblement un cercle égal $\alpha'\beta'$. Si donc au lieu de commander le galet par le cercle $\alpha\,\beta$ du plateau, on le commande par le cercle égal $\alpha'\beta'$ du cône, le résultat sera le même. Le point α' représentant sur le cône la position du galet, $a\alpha$ représente son déplacement y vers l'axe du cône et $\alpha\alpha'$ son déplacement x dans le sens de cet axe. Quand le galet sera venu en a' limite e sa course, le déplacement y sera égal à L, et le déplacement x égal à 2 R′, diamètre du galet ou distance des plateaux. Si donc on pose que pour $y = \mathrm{L}$, l'équation doit donner pour x une valeur égale à 2 R′, il vient :



$$2\,d'\,2\,\mathrm{R}'\,(\mathrm{R}-\mathrm{L}) - d\,\mathrm{L} = o$$

d'où

$$\frac{d}{2\,d'} = \frac{2\,\mathrm{R}'\,(\mathrm{R}-\mathrm{L})}{\mathrm{L}}.$$

et l'équation prend la forme :

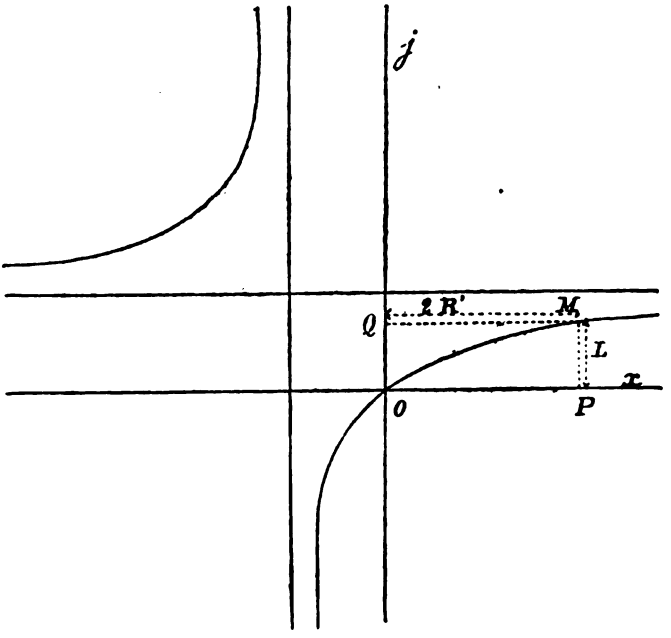
$$(\mathrm{R}-y)\,x - \frac{2\,\mathrm{R}'\,(\mathrm{R}-\mathrm{L})}{\mathrm{L}}\,y = o.$$

En la résolvant par rapport à y, on a :

$$y = \frac{\mathrm{L}\,\mathrm{R}\,x}{\mathrm{L}\,x + 2\,\mathrm{R}'\,(\mathrm{R}-\mathrm{L})}.$$

Digitized by Google

Elle représente encore une hyperbole rapportée à des axes



parallèles à ses asymptotes. Le point M ayant pour coordonnées

$$x = OP = 2R'$$
$$y = OQ = L,$$

les ordonnées de l'arc O M représentent les déplacements du galet.

Pour construire la came, partageons la longueur connue 2 R′ en un certain nombre de parties égales, en 24, par exemple. Pour fixer les idées, supposons 2 R′ = 3 pouces; R = 10 pouces, et L = 8 pouces. Chaque 24e partie de 2 L′ sera 1 ligne ou $\frac{1}{8}$ de pouce.

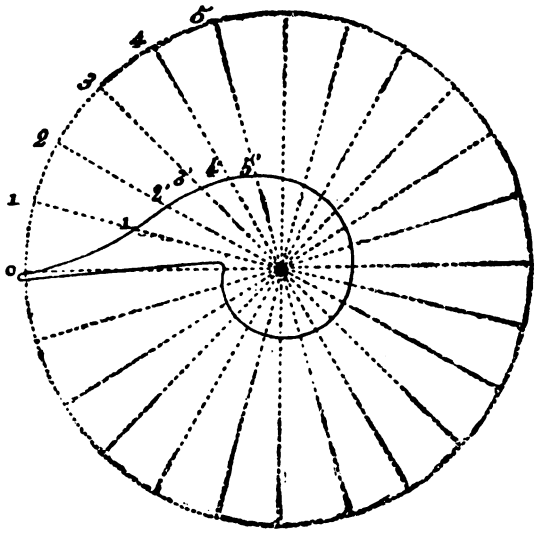
L'équation deviendra :

$$y = \frac{8 \times 10 \times x}{8x + 3(10 - 8)}.$$

Digitized by Google

Si dans cette équation on remplace successivement x par $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$, etc., on trouvera les 24 valeurs correspondantes d'y.

Avec un rayon un peu supérieur à L, décrivons un cercle et partageons-le en 24 parties égales. Le



point O sera le point le plus éloigné de la came. Sur les rayons suivants, portons, à partir du cercle, les longueurs 1 — 1′, 2 — 2′, 3 — 3′, etc., trouvées pour y, et joignons les points ainsi obtenus par un trait continu. Ce trait sera le profil de la came cherchée.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

pages

Introduction..... 165

Peignage..... 167
Id. à la main..... 167
Id. mécanique..... 169
Disposition des organes du mouvement..... 173
Mouvement de monte-et-baisse..... 174
Mouvement des presses..... 177
Calcul des vitesses..... 179
Production de la machine..... 183
Lin coupé..... 184
Coupeuse..... 185
Préparations..... 186

Théorie de l'étaleuse..... 186
Disposition des organes du mouvement..... 190
Notions sur la transmission des mouvements..... 192
Transmission par poulies..... 192
Id. par engrenages..... 194
Roues mariées..... 195
Dimensions des organes d'une étaleuse..... 196
Calcul des vitesses..... 197
Laminage..... 199
Mouvement de sonnette..... 200
Applications numériques..... 202
Production de l'étaleuse..... 203
Poids du ruban à la sortie de l'étaleuse..... 205

Étirages ou doubleuses..... 206
Composition d'un assortiment pour lin long..... 207

Digitized by Google

1er doublage 208
Calcul des vitesses 209
Absorption du 1er doublage 210
Poids du ruban à la sortie du 1er doublage 211

2e doublage 212
Calcul des vitesses 213
Absorption du 2e doublage 214
Poids du ruban à la sortie du 2e doublage 215

3e doublage 215
Calcul des vitesses 215
Absorption du 3e doublage 216
Poids du ruban à la sortie du 3e doublage 217
Formule générale du poids du ruban 218

Théorie du banc-à-broches 218
Mouvement différentiel du chariot 222
Id. de la bobine 223
Détermination du profil des cônes 226
Construction du profil des cônes 231
Déplacement de la courroie des cônes 233
Dimensions des organes et calcul des vitesses du banc 235
Absorption du banc 240
Position initiale de la courroie des cônes 241
Torsion de la mèche 243
Détermination du déplacement de la courroie des cônes 244
Détermination de la roue à rochet 247
Longueur de la mèche à chaque course 248
Durée de la 1re course 248
Longueur de la mèche par bobine pleine 250
Durée de production d'une bobine 251
Nombre de levées de bobines par journée de 12 heures 251
Poids de la mèche 251
Vérification de la mèche 253
Remarques sur les étirages et sur le banc 254

Cardage et préparation des étoupes 257
Théorie de la carde 257
Du travail en dehors et du travail en dedans 263
Disposition et dimensions des organes du mouvement 264

Digitized by Google

Calcul des vitesses 268
Comparaison des rapports du développement du tambour à ceux des autres rouleaux 270
Disposition et fonctionnement des couteaux 273
Étirage de la carde 275
Absorption de la carde 279
Poids à étaler par yard de cuir 280
Débit de la carde avant le passage des rubans à l'étirage 281
Calcul des vitesses de l'étirage 282
Longueur de ruban par coup de sonnette 285
Absorption de l'étirage 286
Débit de l'étirage 287
Poids du ruban à la sortie de l'étirage 288
Formule générale du poids du ruban 288

Théorie du métier à filer 290
Torsion et envidage 292
1er cas. — Métier à ailette 292
Production de la broche et du métier 293
Numérotage du fil 294
Envidage 295
Représentation graphique de la loi de torsion 297
Id. id. des retards de la bobine sur la broche 299
2e cas. — Métier à bague ou sans ailette 301
Variation de la torsion 303
Inconvénient des petits diamètres de la bobine 304

Théorie de la torsion 308
Perte de longueur due à la torsion 312

Description du métier à filer au mouillé 316
Mouvement de la lanterne 318
Id. de monte-et-baisse 319
Bobines cylindriques ou bombées 320
Remarque sur le mouvement de monte-et-baisse 320
Disposition des rouleaux fournisseurs, étireurs et de pression 321
Id. des étireurs et des fournisseurs 322
Description de l'appareil de pression 323
Calcul de la pression sur l'étireur 326
Id. id. le fournisseur 327
Examen de la variation des pressions 328
Calcul des vitesses du métier 331

Digitized by Google

Pignon de torsion..... 333
Laminage du métier et pignon de laminage 334
Pignon de lanterne..... 334
Durée de la course des bobines 335
Formule générale de la production du métier 336
Applications numériques..... 338

Description du métier à filer au sec 339
Disposition des rouleaux 341
Calcul des pressions..... 342
Applications numériques..... 343
Disposition des organes du mouvement..... 343
Mouvement de monte-et-baisse..... 344
Id. par excentrique à cœur..... 344
Bobines cylindriques ou bombées..... 345
Calcul des vitesses du métier au sec..... 346
Dévidage 348
Limites des écartements et des vitesses des broches 358

Appendice à la théorie du banc-à-broches 359
Cônes droits 359
Loi des déplacements de la courroie 361
Construction du profil de la came..... 363
Transmission du mouvement par galet..... 366
Mouvement différentiel par cônes pénétrants 367
Id. id. par plateaux de friction..... 367
Loi des déplacements du galet..... 368
Construction de la came..... 371

Nombres constants..... pages 199 - 209 - 218 216 - 240 - 333 - 347

Digitized by Google

MARTYRE ET DÉLIVRANCE

POÈME DRAMATIQUE NATIONAL

PAR

M. GASTON DE SIRVEY,

Couronné en 1877 par la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille (MÉDAILLE D'OR).

Or, notez cy grande merveille,
Les faitz de Dieu et les vertuz,
Quant à la voix d'une Pucelle
Les Anglois furent abattuz.
. . . . . .
Notre Seigneur communément
N'a point accoutumé d'ouvrer,
Ne de donner allégement
Quand ailleurs on le peut trouver.

Mais où nature et les humains
N'ont plus de povoir, ni puissance,
C'est alors qu'il y met les mains
Et fait voir sa grâce et clémence.

MARTIAL DE PARIS (*Vigiles de la mort du roy Charles le Septiesme*).

Digitized by Google

Digitized by Google

AVANT-PROPOS.

Depuis le *Mystère du Siége d'Orléans*, représenté du vivant même de l'héroïne, que de *Jeanne d'Arc* ont paru sous les formes épique ou dramatique! Et, cependant, nul chef-d'œuvre n'est venu fermer la voie aux tentatives nouvelles. Quoique cet admirable sujet soit, en quelque sorte, devenu banal, il est donc toujours permis d'y essayer ses forces.

Des hommes de génie l'ont pourtant abordé. Mais le patriotisme mal entendu, l'esprit de parti, une connaissance incomplète de l'histoire, ou la richesse même de l'imagination du poète, devenaient autant d'obstacles à la vérité de la peinture. Shakespeare ne vit en Jeanne que l'ennemie des Anglais. A ce titre, elle devint, sous sa plume, une créature corrompue, inspirée par les démons. Schiller l'admirait, mais la comprenait peu. Il en fit une sorte de Clorinde française, terrible dans les combats, facilement vaincue par l'amour, adorant l'étranger qu'elle était contrainte de frapper. Son imagination débordante trouva là un thème à de beaux mouvements de poésie. Mais, ni dans sa vie, ni dans sa mort, il n'était possible de reconnaître Jeanne d'Arc.

Nous ne nous arrêterons même pas à ce qu'en fit Voltaire.

Digitized by Google

Parmi les hommes de talent venus après eux, les erreurs furent moins formidables, les études plus consciencieuses. Nous rendit-on jamais, cependant, la physionomie de l'héroïne de Domrémy?

Soumet a, par moments, beaucoup d'éclat et de grandeur; mais le tour un peu pompeux de son style n'est-il pas en trop flagrant désaccord avec le langage du temps? Ne néglige-t-il pas trop l'accent simple et naïf de la villageoise, quand *ses voix* ne lui parlaient pas?

M. Mermet, trop dédaigné après avoir été trop vanté, a parfois prêté à Jeanne une langue simple et vraie. Mais il a rendu son œuvre incomplète, en ne montrant que la guerrière et retranchant la martyre.

M. Barbier, le plus complet de tous, au point de vue de l'entente de la scène et de la reproduction, en quelque sorte photographique, des paroles et des actes de Jeanne, en reproduit-il de même complètement l'esprit? Il sut créer un tableau animé, théâtral, plus attrayant qu'il ne fut jamais, plus scénique qu'on ne pouvait le supposer. Mais ce n'était pas là Jeanne encore. Quelque chaste et voilé que fût son secret penchant pour un compagnon d'enfance, on voit qu'il combat intérieurement la pensée de sa mission : « N'amollis pas mon cœur! » lui dit-elle quand il cherche à la retenir au village. Plus loin, Jeanne dit comment elle comprendrait l'amour, si elle l'éprouvait. Elle le dit à Agnès; et l'auditeur sent que cette âme n'en est pas aussi dégagée qu'elle veut le paraître. Sans doute, un attachement si pur n'enlève rien au prestige de l'héroïne; mais, quoi qu'on puisse penser de cette donnée, son principal tort est d'être à côté du vrai. L'enfant, possédée d'une fièvre héroïque, préférait à tout l'entretien de *ses voix*.

Espérer, après tant d'autres, vaincre les difficultés d'un tel sujet, serait un grand orgueil, sans doute. Cet orgueil me possède si peu, que, depuis plus de vingt-cinq ans, je garde mon poème, en apparence achevé,

Digitized by Google

sans que l'apparition successive de plusieurs Jeanne d'Arc m'ait décidé à le publier, à réclamer la priorité relativement à des ressemblances fortuites.

C'est que je n'étais jamais satisfait de mon travail; le retouchant parfois, l'abandonnant, le reprenant de nouveau; je ne le sentais jamais digne de son héroïne. Je ne savais me rendre compte de l'espèce de langueur qui s'emparait de moi, en plein cœur de l'œuvre, signe évident des créations incomplètes.

Les erreurs de mes émules m'éclairèrent sur les miennes. Tous, en nous piquant d'exactitude, nous avions encore mêlé trop de roman à l'histoire. Ces fictions, si minimes qu'elles fussent, rapetissent la vérité. A un tel sujet, on ne peut rien ajouter sans l'amoindrir.

Ce n'est pas à un fiancé, c'est à son oncle que Jeanne s'est confiée.

Le contraste de son caractère avec celui d'Agnès séduit tout d'abord; il peut donner lieu à de jolies scènes. Mais, non seulement il y a là un léger anachronisme, il semble aussi que cette jeune fille si pure ne doive pas se trouver en contact avec une maîtresse de roi.

Conserver la tradition intacte paraît ce dont on aurait dû, tout d'abord, s'aviser; et c'est ce qu'on n'a jamais complètement fait. Peut-être dira-t-on qu'ainsi comprise, Jeanne d'Arc n'est guère possible à la scène. Nous le croyons aussi, tout en pensant que la forme dramatique est la seule qui puisse faire vraiment revivre cette noble histoire.

Si nous avons intitulé notre poème *Martyre et Délivrance,* c'est pour le distinguer de la foule des *Jeanne d'Arc*, et en souvenir aussi du martyre récemment subi. Il nous rappellera de quel ordre de pensées et de sentiments nous pouvons espérer la délivrance.

Digitized by Google

PERSONNAGES

CHARLES VII.
Le duc PHILIPPE DE BOURGOGNE.
Le duc DE BEDFORD.
DUNOIS, bâtard d'Orléans.
LA HIRE.
SAINTRAILLES.
LA TRÉMOILLE.
TANNEGUY DUCHATEL.
Le duc D'ALENÇON.
Lord SUFFOLK.
L'évêque de Beauvais.
L'archevêque de Reims.
Jean FABRI, évêque de Démétriade, } assesseurs au procès de Jeanne
Frère ISAMBARD DE LA PIERRE, }
Frère PASQUEREL, confesseur de Jeanne.
Jacques D'ARC, père de Jeanne.
DURAND-LAXART, oncle de Jeanne.
Un gardien de la prison.
WILLAMS, soldat anglais.
JEANNE D'ARC.
Isabelle ROMÉE, sa mère.

Seigneurs, dames de la cour, généraux, soldats anglais et français, trouvères, pages, prêtres, juges, gardes, peuple.

Digitized by Google

MARTYRE & DÉLIVRANCE

POEME DRAMATIQUE NATIONAL.

PREMIÈRE ÉPOQUE

DOMRÉMY

La maison de Jacques d'Arc.

SCÈNE PREMIÈRE

ISABELLE, FRÈRE PASQUEREL.

ISABELLE.

Elle tarde à venir.

PASQUEREL.

Sous le hêtre des fées
J'ai vu Jeanne là-bas.

ISABELLE.

Des plaintes étouffées
S'échappaient de sa bouche?... Et ses yeux tout en pleurs
Trahissaient, n'est-ce pas, de secrètes douleurs?

PASQUEREL.

Non, ses traits n'exprimaient ni crainte, ni souffrance,
Mais plutôt, je ne sais quelle intime espérance.
Il est vrai que j'ai vu des larmes dans ses yeux...
Cependant ils brillaient d'un feu mystérieux.

Digitized by Google

ISABELLE.

Qu'a-t-elle mon enfant ? Mon père, elle m'évite,
Moi, sa mère ! D'où naît le trouble qui l'agite ?
Un ennemi secret, plus cruel que la mort,
A de mauvais esprits a-t-il livré son sort ?
Quel démon la tourmente ? Elle fuit ses compagnes,
Pour cheminer rêveuse à travers les campagnes,
Écoute, se recueille, et murmure tout bas
Des mots, d'étranges mots que je ne comprends pas...
Si je les comprenais, j'en rougirais peut-être !
Pourquoi toujours errer autour de ce vieux hêtre ?
On dit que des lutins y vont danser le soir.

PASQUEREL.

Pour bannir tout soupçon il suffit de la voir.

ISABELLE.

Puissiez-vous dire vrai, j'aurais plus de courage !

PASQUEREL.

Vous savez comme Jeanne est aimée au village ;
L'enfant qui l'aperçoit accourt et lui sourit,
En la voyant passer le pauvre la bénit.
Alors que le dimanche en votre vieille église,
Elle est là, près de vous, modestement assise,
Ignorant sa beauté, ne songeant qu'à ce Dieu,
Ce Sauveur qu'elle vient prier dans le saint lieu,
Qui pourrait concevoir une semblable idée ?
Qui d'un mauvais esprit la croirait possédée ?
Elle ! Non, bonne femme, allez, n'en croyez rien :
Depuis quand le démon inspire-t-il le bien ?

ISABELLE.

De ma simplicité, père, je vous vois rire ;
Vous êtes si savant ! Nous ne savons point lire,
Nous, pauvres gens du peuple, en vos missels dorés :
Nous vivons ignorants, et mourons ignorés.
Je crois bien comme vous que notre Jeanne est bonne ;
Mais d'où vient cet état que ne comprend personne ?

Digitized by Google

Et tout ce qu'elle sait, aussi, qui le lui dit?
Si ce n'est le démon, c'est du moins quelqu'esprit...
Oh! j'en suis sûre, moi! je l'ai tant surveillée!

PASQUEREL.

Eh bien, vous souvient-il? Le soir, à la veillée,
Tandis que vous filiez, des récits d'autrefois
Vieillards et jeunes gens vous distrayaient parfois.
Quels étaient les propos qu'écoutait votre Jeanne?
Était-ce un lai d'amour? ou le conte profane
De la fée et du sylphe aux ailes de saphir?
Non! mais quand je parlais d'un bienheureux martyr,
Vaillant soldat du Christ, tombant sans une plainte;
Ou des braves croisés, marchant en terre sainte,
Ou de l'invasion du farouche Attila,
Devant qui le puissant comme l'humble trembla,
Qui ne laissa tomber son redoutable glaive
Que devant saint Aignan et sainte Geneviève;
Alors d'enthousiasme on la voyait frémir...
Puis, elle s'éloignait en poussant un soupir.
Tant de traditions de piété, de gloire,
Mieux peut-être qu'en vous, restent dans sa mémoire.
D'ailleurs, sans sortilége, et rien qu'en l'inspirant,
Dieu, quand il le veut bien, éclaire l'ignorant.

ISABELLE.

Des clercs de nos pays vous êtes le plus sage;
Frère, il faut donc vous croire.

PASQUEREL.

En nos champs, quand l'orage
Bouleverse et détruit l'espoir de vos labeurs,
Il épargne toujours quelques fruits, quelques fleurs.
C'est ainsi que partout dans ces jours de discorde
Dieu nous laisse un bon ange en sa miséricorde.

ISABELLE.

Nous en avons besoin, nous, malheureux vassaux,
Courbés sous la corvée, endurant mille maux.

Digitized by Google

Tous mes fils sont partis pour cette horrible guerre
Sur son lit de douleur gémit encor leur père
Frappé, blessé, pillé par de cruels vainqueurs!
Et, chose affreuse à dire, il est de nos seigneurs
Qui font cause commune avec eux!... Ce village
Fut par les Bouguignons aussi mis au pillage.
Leur chef est appelé le *Bon-Duc*, cependant!
Chacun sait qu'il n'a pas le naturel méchant.
Si quelques hauts barons ont occis Jean, son père,
Doit-il sur nous, chétifs, rejeter sa colère?

PASQUEREL.

Ah! plaignons l'insensé qui, croyant se venger,
S'est fait, bien plus que nous, vassal de l'étranger!
Philippe les connaît, ces maîtres qu'il se donne!
S'il veut au suzerain arracher la couronne,
Fils de France, allié de maîtres orgueilleux,
Sans doute il les maudit, se maudit avec eux!
Pouvons-nous être Anglais?...

SCÈNE DEUXIÈME

LES MÊMES, JEANNE.

JEANNE.

Non!... non Dieu les condamne!

ISABELLE.

Pourquoi rentrer si tard, dis, ma petite Jeanne?

JEANNE.

J'ai secouru là-bas un pauvre enfant blessé
Qui gisait les yeux clos, sur le bord d'un fossé;
Et je l'aurais porté jusqu'en notre demeure,
S'il n'eût été trouvé par sa mère qui pleure!

PASQUEREL.

Quel triste signe, hélas, du temps où nous vivons!
Villages armagnacs, villages bourguignons,

Digitized by Google

Jusqu'aux pauvres petits presqu'en bas âge encore,
Partout on se combat, et partout on s'abhorre !

JEANNE.

Puis j'ai voulu prier... et le temps s'est enfui !...
Mais mon père est-il mieux ? Je prie aussi pour lui !
Allons l'embrasser.

ISABELLE.

Non, il repose ; demeure ;
Mais sois tranquille, Jeanne, il va mieux.

JEANNE, se retournant vivement vers Pasquerel.

Tout à l'heure
Vous devisiez à deux des malheurs du pays...
Bon frère Pasquerel, n'avez-vous rien appris ?
Oh ! parlez !

PASQUEREL.

Eh, que sais-je ?... hélas, tout nous accable !
Oui, tout fut contre nous, dès ce jour détestable
Où la reine Isabeau, brûlant de se venger,
Pour dépouiller un fils qu'elle eût dû protéger
Livra notre patrie à l'armée étrangère.

ISABELLE.

Quoi ! dépouiller son fils ! ô ciel, est-ce une mère ?

JEANNE.

Est-ce une reine, ô ciel ! qui vendit ses états ?

PASQUEREL.

Suffolk...

JEANNE, vivement.

Vers Orléans attaque nos soldats,
Je le sais... les Français peuvent-ils se défendre ?

ISABELLE, à part.

Jésus ! qu'a-t-elle donc ?

PASQUEREL.

Orléans va se rendre.

Digitized by Google

JEANNE.

Et ces braves devraient subir un tel affront !...
Ils ne se rendront pas, non, mon père, ils vaincront !
Non !... Dieu voit ces enfants, ces femmes héroïques,
Qui réclamant leur part de nos douleurs publiques
Vont sans crainte aux blessés prodiguer des secours ;
Ou défiant l'Anglais au péril de leurs jours
Du sommet des remparts repoussent leur armée,
Par la lance, le feu, les flots d'huile enflammée !...
Non ! non relève-toi, glorieuse Orléans !
Non ! relève tes murs de leurs débris fumants ;
Plus le péril fut grand, plus la victoire est belle !

ISABELLE, bas à Pasquerel.

Voyez, regardez-la ! Sainte Vierge, qu'a-t-elle ?

PASQUEREL.

Mais ils succombent tous ! Les malheureux ont faim ;
Et que ne fait-on pas pour un morceau de pain ?
L'host anglais qui se presse autour de ces murailles
Voit de leurs défenseurs passer les funérailles,
Et par ses cris de joie insulte au peuple en deuil
Dont le long héroïsme a blessé son orgueil.

JEANNE.

Oh ! tant de dévouement ne peut être inutile !
Le roi ne fait-il rien pour délivrer la ville ?

PASQUEREL.

Las ! les soldats de Charle, abattus, dispersés,
De cités en cités par l'ennemi chassés,
Cherchent dans les forêts quelque abri misérable.
Un politique habile autant qu'impitoyable,
Dont l'astuce est la force, et le succès la foi,
Bedford sur l'ennemi règne au nom de son roi ;
Dans un cercle de fer nous étreint, nous entoure,
Et sous ses froids calculs abat notre bravoure.
Sans autre passion que l'amour du pouvoir,
D'étendre son pays il se fait un devoir ;

Digitized by Google

Les passions d'autrui qu'il saisit, qu'il exploite,
Le servent dans le but que son orgueil convoite.
Du fier duc de Bourgogne attisant la fureur,
Il en fait l'instrument de sa propre grandeur;
Parfois pour l'attirer flatte cette âme altière,
Et souvent à dessein excite sa colère.

Avec amertume.

Peut-être aux Bourguignons Orléans se rendra;
Puis, le pays conquis, on le partagera.

JEANNE.

Jamais!

PASQUEREL.

Eh, quelle armée y viendrait mettre obstacle?
Pour nous délivrer tous il faudrait un miracle.

ISABELLE.

Mais depuis de longs jours au peuple on l'a prédit.

JEANNE, à part.

Il est temps... il est temps! la voix l'avait bien dit!

PASQUEREL, à Isabelle.

Ah! que nos saints patrons de là haut nous entendent!
Je vous quitte; au couvent nos chers blessés m'attendent;
Leur nombre, hélas si grand! augmente tous les jours.
Et nous aurions bien peine à leur porter secours,
Si chacun ne venait en aide à leur misère.
Au revoir Isabelle, et vous enfant.

JEANNE, se précipitant vers lui.

Mon père,
Bénissez-moi!

Pasquerel recule, frappé de l'expression extraordinaire des traits de Jeanne. Après un instant de silence, la physionomie du vieux prêtre s'éclaire à son tour, comme d'une sorte de révélation. Il impose avec gravité les mains sur le front de Jeanne

Digitized by Google

PASQUEREL.

Le ciel guide tes pas, et Dieu
Comme moi te bénit !

UNE VOIX, derrière le théâtre

Jeanne !...

PASQUEREL.

Au revoir !

JEANNE.

Adieu !

Elle se laisse choir sur un escabeau et tombe dans une profonde rêverie.

Pasquerel sort.

SCÈNE TROISIÈME

ISABELLE, JEANNE, puis JACQUES D'ARC.

LA VOIX, au dehors.

Jeanne !

ISABELLE.

N'entends-tu pas ton père ? Tout à l'heure
Il t'appelait déjà. Va donc !... Mais elle pleure !
Mon Dieu, ma pauvre enfant, qu'as-tu donc ? souffres-tu ?
Pourquoi cette tristesse et ce front abattu ?
Tu me témoignerais bien plus de confiance
Si tu savais le mal que me fait ta souffrance.
Tu n'es pas mère encore, oh quand tu le seras,
D'avoir fui mon amour tu te repentiras.
Tu sais que de malheurs accablent ma faiblesse,
Me faut-il voir tomber l'espoir de ma vieillesse ?
Mes fils !... Toi la plus chère entre mes chers enfants,
Tu sembles échapper à nos bras défaillants...
Toi, pieuse, veux-tu ce que Jésus condamne ?
Affliger tes parents, résister...

LA VOIX.

Jeanne !... Jeanne !

Digitized by Google

JEANNE, comme se réveillant d'un songe.

Pardon !... père, je viens !

ISABELLE, à part, la regardant sortir.

Oh ! frère Pasquerel
A beau dire...

JEANNE rentre, soutenant Jacques.

Bon Dieu, père, quel froid mortel !
Quelle sueur au front ! et vos genoux fléchissent...
Asseyez-vous ici.

JACQUES.

Tous mes membres frémissent...
J'avais grand peur !... mais non... elle est ici !... c'est toi !
C'est bien toi, mon enfant !

JEANNE.

Oui, cher père, pourquoi ?

JACQUES, toujours agité.

Oh ! je les vois encor ces soldats... on t'enlève...

ISABELLE.

Qu'est-ce donc, pauvre ami ?

JACQUES, revenant un peu à lui.

Encor mon maudit rêve,
Que je recommençais !... Mais ces chefs, ces soldats,
Je me trompe, ma Jeanne, ils ne t'enlevaient pas !
Tu les accompagnais, hardie et résolue ;
La fuite était par toi préparée et voulue.
Plutôt ta mort !...

JEANNE, pâlissant

Mon père !

JACQUES.

On te connaît, enfant ;
Mais ce rêve me semble un signe menaçant...
Si nous mourons tous deux nul protecteur ne reste
Pour écarter de toi ce présage funeste.

Digitized by Google

Nous vivons, ma Jeannette, en des jours si mauvais
Je serais en repos si je te mariais.

ISABELLE, à Jeanne.

Marcel, ton fiancé, par moments se désole
En attendant toujours une bonne parole.

JACQUES.

Ah? tu devrais, enfant, t'applaudir de mon choix;
Marcel est jeune, est riche entre les villageois.

ISABELLE.

Et frère Pasquarel, qui soigna son enfance,
Parvint à lui donner un peu de sa science.

JACQUES.

Pourquoi devant témoins l'as-tu donc repoussé?

JEANNE.

Marcel, vous le savez, n'est pas mon fiancé;
Non, je n'ai rien promis. J'ai rougi, je vous jure,
De vous voir appuyer un jour cette imposture.

JACQUES.

Hélas, nous ne voulions tous trois que ton bonheur!

JEANNE.

Puis-je donner la main en refusant le cœur?

ISABELLE.

Il te déplaît donc bien, lui dont l'âme est si bonne?

JACQUES.

D'où viennent tes refus, si tu n'aimes personne?

JEANNE.

Dieu ne me permet pas de céder à ses vœux.

ISABELLE.

Le bon Dieu que tu sers défend-il d'être heureux?

Digitized by Google

SCÈNE QUATRIÈME

LES MÊMES, DURAND-LAXART, *la figure bouleversée.*

JACQUES.

Quoi !... c'est Durand Laxart !...

ISABELLE.

Frère, sur ton visage
Quel mélange effrayant de douleur et de rage ?

DURAND.

Oui !... j'accours de Burey pour défendre mon bien,
Sachant que l'ennemi le ravage... et plus rien !
Trop tard !...

JACQUES.

Oh ! dis-moi tout ?

ISABELLE.

Parle, ami, je t'en prie !

DURAND.

Isabelle, tu sais, la bonne métairie
Que je reçus en dot de ma femme, ta sœur...

ISABELLE.

Eh bien !...

DURAND.

Vois-tu là-bas cette vague lueur...

ISABELLE.

Le feu !

DURAND.

C'est bien le feu ! La maison est en cendre,
Les troupeaux enlevés ; je n'ai rien pu défendre ;
Si je n'étais parti, ces infâmes soldats
M'auraient occis !... Et Dieu ne les punirait pas !

Digitized by Google

ISABELLE.

Jésus ! à Domremy faut-il qu'on les revoie ?

DURAND.

Non. Ils s'en vont chercher quelque plus riche proie.

JACQUES.

Quel temps, bon Dieu, quel temps !

DURAND.

Ce hameau dévasté
N'offre plus de butin à leur rapacité.
C'est d'un autre côté que l'ennemi s'avance.

ISABELLE.

Pauvre Durand, combien je te plains !

JEANNE, à demi-voix.

Pauvre France !

DURAND.

Ma Jeannette, pourquoi demeurer à l'écart ?
N'aimerais-tu donc plus l'oncle Durand-Laxart ?

JEANNE.

Oh ! tu ne le crois pas, cher oncle !

ISABELLE.

Est-il possible
Qu'à ta peine, chez nous, quelqu'un soit insensible ?

DURAND.

Vous êtes, je le sais, de bons et braves cœurs !

JACQUES.

Pour te plaindre j'ai presque oublié mes douleurs.

DURAND.

Tu souffres donc toujours ?

JACQUES.

Des blessures... qu'importe ?
Ce n'est rien. J'éprouvais une angoisse plus forte,
Tout-à-l'heure, en voyant mon rêve revenir.

Digitized by Google

DURAND.

Quel rêve? l'ai-je su? je n'en ai souvenir.

JACQUES.

Jeanne allait chevauchant parmi des hommes d'armes,
Elle fuyait au loin, sans pitié pour nos larmes!...
Et quand je m'éveillai, je dis en frissonnant :
J'aimerais mieux tuer sans pitié mon enfant!

DURAND, haussant les épaules et souriant tristement.

Plaisant rêve! et c'est là ton souci?

JEANNE, à part, vivement émue.

Grâce!... père!

DURAND, à part.

Eh quoi.... Jeanne a pâli!

JACQUES.

J'ai dit à mon fils Pierre
« Je la ferais noyer par tes frères ou toi,
» Plutôt que telle chose advînt!... »

JEANNE, à part.

Merci de moi!

JACQUES.

« Si tu ne la noyais, je le ferais moi-même! »

JEANNE, à part.

Je ne pourrai lui dire adieu!

DURAND, à part, la considérant, au comble de la surprise.

Ce trouble extrême.
Cet œil fiévreux...

ISABELLE, à Jacques.

C'est trop te tourmenter pour rien.

DURAND, lui désignant sa chambre.

Sans doute; et le repos, ami, te ferait bien.

Digitized by Google

ISABELLE.

C'est vrai.

DURAND, à Isabelle.

Sans te gêner, suis-le, s'il le désire.

à part.

De ce rêve incroyable, eh quoi, j'ai pu sourire!

JACQUES, à Isabelle.

Je viens.

DURAND, à part.

S'il était faux... elle en rirait aussi.
Malheureuse!... pourquoi se trouble-t-elle ainsi?

JACQUES.

A demain, cher Durand.

ISABELLE, à Durand.

Pardon, si je te laisse.

DURAND.

Comment donc? n'ai-je pas ici ma chère nièce,
Que j'ai toujours tenue en si grande amitié?

ISABELLE, bas à Jeanne.

Tu vois!... De ses malheurs montre quelque pitié.
Demeure, et parle lui; voyons, Jeanne, ma chère!

Elle sort avec Jacques.

SCÈNE CINQUIÈME

JEANNE DURAND, *qui continue à l'observer.*

DURAND.

Jeanne prend peu de part, je vois, à ma misère.

JEANNE.

Je voudrais t'apporter un puissant réconfort!...
Las!... Me croire sans cœur, mon bien cher oncle a tort!

Digitized by Google

DURAND.

Ton oncle est un ami de l'enfance passée...
Mais il est aujourd'hui quelque intime pensée
Qui le fait oublier. Je vois clair !

Il regarde fixement Jeanne frissonnante.

JEANNE

Qu'as-tu vu ?

DURAND.

Un malheur... pour nous tous, hélas, bien imprévu !
On te croyait, vraiment, une petite sainte,
Mais je te vis pâlir et de trouble et de crainte...
Le récit de ton père, enfin, m'a révélé
Ce que je n'aurais cru si Dieu même eût parlé !

JEANNE.

Oh ! que comprends-tu donc ?

DURAND.

Je tremble de comprendre...
Jusqu'où, fille pieuse, oserais-tu descendre ?
Suivre des gens de guerre !...

JEANNE, agitée et à demi-voix, comme se parlant à elle-même.

Hélas ! qu'y puis-je, moi ?
Loin des grands de la cour et des soldats du roi,
Près des miens, je voulais rester où je suis née...
Mais il faut accomplir, pourtant, sa destinée !

DURAND.

Eh !... que dis-tu des grands ?... Ainsi, quelque seigneur,
Non content de nos biens, nous dérobe ton cœur ?

JEANNE.

Frères de paradis !... Comment suis-je entendue !

DURAND.

Ma Jeannette serait une fille perdue !

Avec un rire douloureux.

Va, cherche un haut baron, un connétable, un roi...
De pauvres paysans sont-ils dignes de toi ?

Digitized by Google

JEANNE.

Assez ! épargne-moi ta raillerie amère !
Ah ! j'ai pu résister aux larmes d'une mère,
J'ai gardé mon secret ; nul n'en a rien appris.
Je pouvais tout souffrir, oui tout, hors le mépris !

DURAND, sans l'écouter.

C'en est donc fait de toi, pauvre peuple en détresse !
Ils viennent t'enlever ta dernière richesse ;
Et tu dois renoncer au plus grand bien, l'honneur !
Vassal, n'est-tu plus homme, et n'as-tu pas de cœur ?
Quoi ! pour vivre sans honte, il faudra donc qu'un maître
Dans son dédain superbe ait daigné le permettre ?
Au repos, au bonheur devons-nous dire adieu ?
D'un martyre si long qui nous vengera ?...

JEANNE, se relevant fièrement et avec enthousiasme.

Dieu !
Dieu qui nous voit du ciel, qui nous crie : Espérance !
Dieu, qui m'a commandé de délivrer la France !

DURAND.

Jésus, nous soit en aide ! elle perd la raison.

JEANNE.

Devant mes yeux déjà s'élargit l'horizon...
Par un esprit divin je me sens entraînée...
Je vais rompre les fers de la France enchaînée !

DURAND.

Merci de moi, Seigneur ! Quel œil éblouissant !...
Qui donc es-tu ?...

JEANNE.

Je suis le bras du Tout-Puissant !
Dieu sauveur ! quand tout n'est que souffrance et misère,
Pour confondre l'orgueil des puissants de la terre
Et guérir notre cœur de son aveuglement,
Parmi les plus petits tu prends ton instrument !
Tu m'appelles, Seigneur, me voilà, je suis prête !

Digitized by Google

DURAND.

Comment !. . Est-ce bien là ma petite Jeannette,
Cette gentille enfant aux yeux pensifs et doux,
Que j'ai fait si souvent danser sur mes genoux ?

JEANNE.

Jadis, on a prédit qu'après cent ans de guerre,
Une enfant inconnue, une pauvre bergère
Chasserait du pays l'ennemi triomphant...

DURAND.

Je sais...

JEANNE.

Que dirais-tu, si j'étais cette enfant ?

DURAND, comme hésitant entre le respect et la pitié.

Quoi !... Jeannette, peux-tu caresser un tel rêve ?
Toi !...

JEANNE.

L'aurore du jour libérateur se lève !

DURAND.

Nul ne t'apprit, mignonne, à guider des soldats.

JEANNE.

Celui qui me l'apprit, c'est l'ange des combats !

DURAND.

Toi !... Chasser des Anglais la troupe forcenée !...
Comment ?...

JEANNE.

C'est pour cela que Jeanne d'Arc est née !

DURAND.

A peine devant l'host, tu tremblerais d'effroi.

JEANNE.

Je ne tremblerai point. Le ciel est avec moi.
Pauvre terre de France, ô ma triste patrie,
Toi que je vois languir mutilée et flétrie,

Digitized by Google

Est-ce toi dont jadis les nobles étendards,
De la cité de Dieu conquéraient les remparts?
En servage au lieu même où dorment les ancêtres,
Tu fléchis sous le joug, et tu subis des maîtres!
Pour eux tu n'as jamais assez de sang ni d'or!....
Mais, France des Croisés, tu n'es pas morte encor!

DURAND.

Simple fille des champs, plus que nous ignorante,
Réponds-moi, qui te fit tout-à-coup si savante?
Tout ce que tu me dis, qui te l'a révélé?

JEANNE.

Les messagers de Dieu maintes fois m'ont parlé.
J'étais encore enfant; dans notre enclos assise,
Je vis une lueur du côté de l'église;
Puis, une voix cria dans le fond de mon cœur :
« Jeanne, sois forte et sage, et sers bien le Seigneur! »
Je ne m'appartins plus, dès cet instant suprême.
Et, par la volonté de mon Seigneur lui-même,
A chaque instant je vois quelque habitant du ciel;
C'est l'effroi des démons, l'archange saint Michel;
A terrasser l'Anglais il m'anime, il m'excite.....
C'est sainte Catherine et sainte Marguerite,
Qui, me tendant les bras et m'appelant leur sœur,
Parlent du pauvre peuple et de son oppresseur,
De la grande pitié du royaume de France.....
Et me tendant leur palme, unique récompense,
Disent de tout quitter sans peur et sans regret.

DURAND.

Et quoi! tu pus garder un semblable secret,
Et jusqu'à ce moment tout le monde l'ignore!

JEANNE.

A ces ordres sacrés je résistais encore;
Le péril qui grandit me rappelle au devoir.

Après un moment de silence.

Ils vinrent jusqu'ici! Je crois encor les voir,

Digitized by Google

Ces cruels Bourguignons, alliés de nos maîtres,
Qui se disent vengeurs... et qui ne sont que traîtres!
J'entends leurs chants maudits, leurs appels furieux,
Les plaintes des vieillards attardés, non loin d'eux.....

DURAND.

Bourguignons détestés!...

JEANNE.

Mais, après leur passage
Quand je vis tout détruit dans mon pauvre village,
Je me sentis au cœur un sombre désespoir.
Au pied du hêtre alors, seule, j'allai m'asseoir.
J'y restai bien longtemps, à genoux, toute en larmes;
Dans mon oreille encor vibraient le bruit des armes,
Les sifflements du feu, les cris des égorgeurs,
Le râle des vaincus, le rire des vainqueurs!
Je détourne les yeux de cette triste terre.....
Tout-à-coup, dans un ciel éclatant de lumière,
Plus belle qu'à l'église en son divin portrait,
La mère du Sauveur, la Vierge m'apparaît.
Un vent doux et léger fait trembler son long voile;
Sur son front radieux resplendit une étoile,
Moins céleste et moins pure encore que son regard.
Entre ses blanches mains s'agite un étendard
Où brille de Jésus la glorieuse image.
Un chœur d'anges, que voile à demi le nuage,
L'entoure vaguement d'un nimbe lumineux :
« — Jeanne! dit-elle, entends les cris des malheureux!
» Jeanne! vois tes amis gémissant dans la tombe!
» Jeanne! prends en pitié ton pays qui succombe,
» Il est temps! va sauver ta patrie et ton roi! »
« — Mais, dis-je en frissonnant et pleurant malgré moi,
» Pourquoi donc me choisir, moi, pauvre fille obscure?
» Je ne sais chevaucher ni porter une armure,
» Je ne puis guerroyer ni guider nos drapeaux;
» A peine ai-je conduit aux champs quelques troupeaux.
» Faut-il abandonner notre pauvre chaumière,
» M'exposer à la mort?... ah! c'est tuer ma mère! »

Digitized by Google

« — Courage, mon enfant ! répond la douce voix ;
» Mon fils pour te sauver expira sur la croix ;
Pour sauver ton pays tu peux donner ta vie.
Je protége la France et je te la confie ;
» Va, chasse devant toi les auteurs de ses maux,
» Ainsi que tu chassais de timides agneaux. »
Elle dit, et me tend sa bannière éclatante.
Je la prends à genoux, et, d'une main tremblante...
A peine ai-je touché cet étendard sacré,
Que d'un rayon divin mon front semble éclairé.
Forte d'une puissance inconnue à la terre,
Je marche !... autour de moi se répand la lumière !
J'agite l'étendard ; et soudain, sous ses flots,
Nait, grandit et se lève un peuple de héros !
Quoi ! ces hommes de fer, à l'œil sombre et farouche,
Ils attendent un signe, un seul mot de ma bouche !
Et, prêts à terrasser l'ennemi sous leurs coups,
Dociles et pieux, ils tombent à genoux !

Tout s'efface ! Accroupie au pied de mon vieux hêtre,
Las ! j'ai vu ces splendeurs briller.... et disparaître !
Je me sens plus chétive et pauvre que jamais....
Autour de moi, sur l'herbe, un troupeau dort en paix.
Mais cette voix divine, à nulle voix pareille,
Vibre encor dans mon cœur, résonne à mon oreille,
Me suit partout, et dit : « Va, cours, vole, obéis !
» Saisis mon étendard, et sauve ton pays ! »

DURAND.

Oui ! c'est la voix du ciel ! oui, j'en crois ta parole !
Sur ton front je crois voir briller une auréole !

JEANNE.

Eh bien, tu m'aideras, alors, si tu m'en crois !
Tu voudras obéir à la céleste voix !

DURAND.

Moi !... moi, que puis-je faire ? hélas ! pauvret, que sais-je ?

Digitized by Google

JEANNE.

Que ton âge, ton nom, cher oncle, me protége !
On me prendra pour folle.... Il me faut ton appui !
Tu connais Baudricourt ? Guide-moi donc vers lui.

DURAND.

Baudricourt qui commande à Vaucouleurs ?

JEANNE.

Sans doute.
Les saintes ont parlé pour m'indiquer ma route.
Beaudricourt me fera parvenir jusqu'au roi.

DURAND.

Mais....

JEANNE.

En ma mission tu m'as dit avoir foi ;
Il faut qu'au gouverneur sans tarder tu m'amènes.
Rien ne doit nous coûter, ni les pas, ni les peines,
Les rebuts, les affronts !.... Saint Michel est pour nous !
J'irai !... quand il faudrait me traîner à genoux !

DURAND.

Et ton vieux père, Jeanne ? Et la pauvre Isabelle ?
Si je t'écoute ainsi, songe, que dira-t-elle ?

JEANNE.

O ma mère !... mon père !... hélas !... Je vois vos pleurs !..
Après un moment de silence.
Mais le ciel me l'ordonne, allons à Vaucouleurs !

DURAND.

Viens donc, si Dieu le veut.

JEANNE.

Adieu, pauvre cabane,
Où bientôt mes parents en vain chercheront Jeanne !
Pour la dernière fois, mon doux pays, adieu !...
Maintenant guide moi, je te suivrai, mon Dieu !

Digitized by Google

DEUXIÈME ÉPOQUE

CHINON.

Une salle du château. Au fond, des arcades à travers lesquelles on voit une autre salle éclairée pour une fête. Sur le devant, à droite, s'élève un trône. Des dames et des seigneurs passent et repassent dans la salle du fond, d'où l'on entend une lointaine mélodie de harpes.

SCÈNE PREMIÈRE

SAINTRAILLES, *pensif, assis dans un fauteuil gothique, le front dans la main. Trouvères chantant dans la salle du fond; puis* LA HIRE *arrivant après la seconde reprise du chœur.*

UNE VOIX, seule.

Enfant du gai savoir, fils de l'heureuse terre
Du soleil et des fleurs;
Et toi, fils des brouillards, fils du Nord, blond trouvère,
Qui te joins à nos chœurs;
Accordez votre harpe, et quand rit la jeunesse,
Quand luisent les beaux jours,
Sans souci de l'hiver, savourez leur ivresse
Et chantez les amours.

LE CHŒUR.

Accordons notre harpe, et quand rit la jeunesse,
Quand luisent les beaux jours;
Sans souci de l'hiver, savourons leur ivresse,
Et chantons les amours.

UNE AUTRE VOIX, seule.

Vois l'oiselet dans le feuillage,
Voleter entre les rameaux.
Entends-tu son brillant ramage
Célébrer ses amours nouveaux?

Digitized by Google

Vois-tu s'agiter de ses ailes
Les plumes soyeuses et frêles,
Quand lui répond une autre voix?
Caché sous l'épaisse verdure,
S'informe-t-il si la froidure
Un jour dépouillera les bois?

LE CHŒUR.

Accordons notre harpe, etc.

LA HIRE, venant de la salle de fête d'un air chagrin.

Salut! salut à vous, messire de Saintrailles.

SAINTRAILLES, se levant vivement.

C'est mon vieux compagnon, l'honneur de nos batailles!
Comment, brave La Hire, es-tu déjà céans,
Toi qui devais m'attendre aux remparts d'Orléans?

LA HIRE.

Par Dieu! pour sauver ceux que vous n'osez défendre!
Oui, Saintrailles, c'est moi qui, fatigué d'attendre,
Viens voir si vous aussi vous n'avez plus de cœur.

SAINTRAILLES.

Un ami me croirait accessible à la peur!

LA HIRE.

De ces murs désolés que l'étranger assiége,
Voyant nos champs flétris sous son pied sacrilége,
Vous nous aviez promis d'amener des secours.
Le temps fuit, la faim presse; ils attendent toujours!

SAINTRAILLES.

Vous devriez au moins avoir plus de justice.
Puis-je tout disposer au gré de mon caprice?
Suis-je roi?

LA HIRE.

Plût à Dieu qu'un soldat pût régner!
Pardon, mon vieil ami, j'aurais dû t'épargner.

Il lui tend la main, que Saintrailles serre avec émotion; et tous deux, comme accablés sous le poids de leurs pensées, gardent un instant le silence.

Digitized by Google

UNE VOIX, dans la salle du fond.

L'homme est prudent, savant, que sais-je?
Que de soucis il prévoit seul!
Las, il est bien temps quand la neige
Couvre les prés d'un blanc linceul;
Il est bien temps quand l'âge arrive,
De gémir d'une voix plaintive
Sur les beaux jours vite emportés!
Mignons oiselets, votre vie
A nos lourds ennuis fait envie:
Chantez l'éclat des doux étés!

LE CHŒUR.

Accordons notre harpe, et quand rit la jeunesse,
Quand luisent les beaux jours;
Sans souci de l'hiver, savourons leur ivresse,
Et chantons les amours!

Entre les reprises du chœur et pendant toute la scène, on entend la musique lointaine des harpes.

SAINTRAILLES, à la Hire.

Parle-moi d'Orléans!

LA HIRE.

Oh! mon brave Saintrailles!
Ces damoiseaux de cour, ils n'ont donc plus d'entrailles!
La misère et la faim ont décimé nos preux;
Des femmes, des enfants tombent à côté d'eux
Entre ces murs étroits que l'Anglais environne.
Mais plein d'espoir encor, quand tout nous abandonne,
Je médite à moi seul un effort surhumain:
A travers l'ennemi je me fraye un chemin,
Chevauche jour et nuit au péril de ma tête,
Et je tombe à Chinon... au milieu d'une fête!

Après un moment de silence.

Que fait Dunois?

SAINTRAILLES.

Peut-il maugréer comme toi?...
Haut baron, prince, il doit tout ménager....

Digitized by Google

LA HIRE.

Mais moi,
Moi, que Dieu ne fit pas, grâce au ciel, fils de prince;
Moi, qui naquis obscur dans mon humble province,
Moi, qui vis en soldat et non en grand seigneur,
Je n'ai point appris l'art de déguiser mon cœur.

SAINTRAILLES.

Je reviens de Bourgogne, et j'avais l'espérance
De voir le duc Philippe abjurer sa vengeance;
Car son traité lui pèse, il maudit les Anglais;
A son insu, peut-être, il a le cœur Français.
Un instant il fut prêt à vaincre sa colère...
Mais les lâches auteurs du meurtre de son père,
Craignant pour eux, ont fait avorter cette paix:
Tanneguy Duchâtel n'y souscrira jamais.

LA HIRE.

Quoi! nous faut-il subir cette honte?...

SAINTRAILLES.

Mon brave,
Sentant lors mon ardeur grandir à chaque entrave,
J'avisai Richemont, en disgrâce aujourd'hui,
Pour avoir trop servi notre roi malgré lui.
Il pouvait nous sauver s'il mettait en campagne
Ces valeureux enfants des landes de Bretagne.
La Trémoille, l'ami, le favori du roi,
Naguère à Richemont osa manquer de foi:
Connaissant le Breton, le sachant implacable,
Il a fait repousser l'appui du connétable.

LA HIRE.

Et les chefs de l'État sont donc les courtisans?
Qui nous délivrera de ces vils mendiants,
Ces mendiants dorés qui vont quêtant l'aumône,
Convoitant un butin dans les débris du trône?
A leur seul intérêt immolant notre honneur,
Ils semblent redouter de voir le roi vainqueur.

Digitized by Google

Les lâches savent trop qu'affermir sa puissance,
C'est perdre leur honteuse et fatale influence.
Quoi ! Charles vraiment roi ? Quoi, Charles triomphant ?
Allons donc, quelle erreur ! Il doit rester enfant ;
Traîner jusqu'au tombeau cette enfance timide
Pour que dans sa faiblesse il ait besoin d'un guide.
Que leur fait l'avenir ? Ne sont-ils pas heureux ?
Le pays expirant vivra bien autant qu'eux !

LE CHŒUR.

Accordons notre harpe et quand rit la jeunesse,
Quand luisent les beaux jours ;
Sans souci de l'hiver, savourons leur ivresse,
Et chantons les amours.

LA HIRE, frémissant.

Par la mort Dieu ! qui donc ici songe à la France ?

SCÈNE DEUXIÈME

LES MÊMES, CHARLES VII, LA TRÉMOILLE, DUCHATEL, ALENÇON, *seigneurs venant de la salle de la fête.*

CHARLES.

Que l'on fasse largesse aux chanteurs de Provence !

A La Trémoille, lui appuyant familièrement la main sur l'épaule :

N'aimes-tu les ouïr, ces gentils troubadours,
Qui dans leurs vers si doux célèbrent les amours,
La Trémoille ?

LA TRÉMOILLE.

Oui, sire ; oui, ces airs pleins d'ivresse
Semblent verser aux cœurs une molle tendresse.

CHARLES.

Parmi ces chants joyeux et ces plaisants déduits,
Je crois pour un instant oublier mes ennuis !

Digitized by Google

UN TROUVÈRE.

Ah ! s'il en est ainsi nous les bénirons, sire !

CHARLES, à La Trémoille.

Mais n'est-ce point là-bas mon vieux grondeur La Hire ?...

LA TRÉMOILLE.

Qui tantôt nous quitta d'un air sombre et chagrin....

CHARLES.

Va le chercher, je veux lui tendre encor la main,
Car il m'aime.

LA TRÉMOILLE.

Un amour qui ne se trahit guère
Que par la remontrance et l'accès de colère....

CHARLES.

Va donc, qu'importe ?

La Trémoille va à La Hire et le ramène après une légère résistance

CHARLES, à La Hire.

Eh bien ! cher La Hire, pourquoi
Viens-tu si brusquement de fuir loin de ton roi ?
Ne peut-on s'alléger du poids si lourd des armes ?
Ces chants, ces vers si doux, sont-ils pour toi sans charmes ?...

Le voyant rester muet.

Je veux pour cette fête avoir ton agrément.

LA HIRE.

Oh ! c'est perdre un royaume on ne peut plus gaîment.

CHARLES.

La Hire !

LA HIRE.

Pardonnez, sire ! Mais d'autres maîtres
Règnent dans la cité de nos rois, vos ancêtres ;
Notre France, asservie à la loi du plus fort,
S'incline en frémissant sous le joug de Bedfort ;
De trop rares soldats que le fer extermine,
Endurent la misère, et bien plus, la famine ;
Ne gardant même plus la force de l'espoir...
Et le roi s'en console aux chants du gai savoir !

Digitized by Google

LA TRÉMOILLE, murmurant à l'oreille de Charles.

Ce routier à son maître ose dicter la tâche!

CHARLES.

La Hire! c'en est trop! Me crois-tu donc un lâche?

LA HIRE, s'inclinant.

Sire, vous êtes brave! et je sais qu'au combat
On ne saurait trouver plus valeureux soldat...

CHARLES.

Mais l'on se décourage alors qu'on désespère.

LA TRÉMOILLE.

Est-ce aimer son pays qu'éterniser la guerre?

CHARLES.

Sans espoir!... car tu sais qu'il n'est d'espoir pour moi.

LA HIRE.

Ah, cher sire! Est-ce bien ainsi que parle un roi!
Oui, le sang de son peuple est précieux, sans doute;
Mais qu'il garde l'honneur, malgré le sang qu'il coûte!

CHARLES.

La France de sa chute est le premier auteur;
Et chacun me poursuit en voyant mon malheur,
Et la voix de ma mère enflamme encor leur rage!
Laisse-moi m'étourdir!

SAINTRAILLES.

Relevez le courage
D'Orléans, qui se meurt pour la France et pour vous;
Sire, encore un effort, je vous prie à genoux!...

CHARLES.

Las, que me voulez-vous? ne sait-on ma détresse?

LA HIRE.

On ne l'aperçoit pas dans ce séjour d'ivresse.

CHARLES.

J'essayais d'oublier .

Digitized by Google

LA HIRE.

Que d'autres sont en pleurs ?

CHARLES.

Je n'ai plus de soldats !

LA HIRE.

Vous avez des jongleurs !

CHARLES.

Assez ! Si tu n'étais mon La Hire, un vieux brave,
Tu sortirais d'ici !... Suis-je donc ton esclave ?

LA TRÉMOILLE, bas à Charles, en ricanant.

Eh quoi ! se révolter devant ce haut seigneur ?

LA HIRE.

Esclave !... Soyez-le, sire, de votre honneur !
De vos fidèles preux, écrasés de souffrance !
Esclave du devoir, esclave de la France !
Donnez-leur votre corps, votre sang, votre foi ;
Celui qui sert son peuple est-il esclave ou roi ?

Charles, vivement ému, demeure un instant en silence, la tête dans les mains.

DUCHATEL, bas à La Trémoille

Eh bien ? que pensez-vous de semblables paroles ?

LA TRÉMOILLE, bas à Duchâtel.

Je pense qu'un routier, Étienne de Vignolles,
Dit La Hire, héritier d'une obscure maison,
Parle en maître et seigneur contre toute raison ;
Si nous le laissons faire, il prendra notre place.

CHARLES, se relevant et tendant la main à La Hire.

Grand merci, mon féal, merci pour ton audace !
Ta voix, ta rude voix fait tressaillir mon cœur !
Tu l'as dit, je dois être esclave de l'honneur.
Si, comme je le crois, notre valeur succombe,
Nul, du moins, n'aura droit d'outrager notre tombe.
Oui !... viens, je veux lutter et combattre avec toi ;
Je veux régner !

Digitized by Google

LA HIRE, lui baisant les mains avec émotion.

Vrai Dieu ! Je reconnais mon roi !

CHARLES.

Mes dignes conseillers, voyons, que faut-il faire ?
Est-il quelque moyen de soutenir la guerre ? ..
Croyez-vous qu'il soit temps de me sauver encor
Un appel général des vassaux.....

LA TRÉMOILLE.

Le trésor
Ne nous suffit pas même à nourrir une armée
Que le fer des Anglais a déjà décimée.
Comment songer encore à lever des soldats ?

SAINTRAILLES.

Eh, que deviendrons-nous si vous n'en levez pas ?

CHARLES, ôtant son large collier à médaillon de rubis et de brillants, l'agrafe de pierreries de son chaperon, et les remettant à La Trémoille :

Pour eux, prends ces joyaux, sans regret je les donne,
Et j'y veux joindre aussi ma plus riche couronne.

LA TRÉMOILLE, s'en saisissant.

Pour tant d'hommes de guerre, hélas ! faible secours.
Ce don peut les nourrir à peine quelques jours.

CHARLES.

Quelques jours de gagnés, au moins, à nous défendre.

DUCHATEL, ricanant, bas à La Trémoille, en l'entraînant à l'écart.

On sait bien le chemin que ces joyaux vont prendre ;
Certaine belle dame adore les rubis....

LA TRÉMOILLE, bas à Duchâtel.

Il vous sied de parler. Devant les ennemis,
Aux portes de Meulan, je vous ai vu naguère.....
Quand vos hommes fuyaient, rongés par la misère,
Leur solde, monseigneur, grossissait votre bien.

DUCHATEL, balbutiant.

Allons !...

Digitized by Google

LA TRÉMOILLE, bas

Votre silence est le garant du mien.

CHARLES.

Que faire ?

LE DUC D'ALENÇON

J'hésitais à vous apprendre, sire,
Que d'un nouveau revers Boussac vient de m'instruire.

CHARLES.

Comment !

ALENÇON.

Sir John Fastolff, et quinze cents Anglais,
Ont défait, à Rouvrai, nos huit mille Français.

CHARLES, avec amertume

Voilà de nos guerriers la valeur sans égale !

LA HIRE.

Ces Anglais n'ont-ils pas leur tactique infernale ?
Quand, par des pieux aigus gardés de toutes parts,
Ils laissent leurs archers nous accabler de dards,
Nous immoler de loin, sans trêve ni relâche !
Aujourd'hui, le héros devient l'égal du lâche ;
Le succès ne naît plus de la force du bras ;
La guerre est un calcul ; il n'est plus de combats !

CHARLES.

Le comte de Clermont nous secourut, sans doute ?

CLERMONT.

Clermont vers Orléans continua sa route,
Pour se battre nos chefs ne l'ont pas attendu,
Et lui s'en est vengé.

CHARLES.

Quoi ! tout est donc perdu ?

SAINTRAILLES.

L'appui des Bourguignons nous sauverait peut-être ;
Philippe, je le sais, est las du nom de traître.

Digitized by Google

S'il revenait à vous, triomphant et soumis,
Qui vous résisterait?

LA HIRE.

Malheur aux ennemis!
Les Anglais ne sont forts que par notre discorde.

CHARLES.

Ce qu'il ose exiger, faut-il que je l'accorde?
De fidèles amis par moi seraient livrés!...

LA HIRE, regardant fixement Duchâtel.

A vous donner leur sang ne sont-ils préparés?

DUCHATEL, après avoir hésité un instant, se précipite aux pieds du roi avec des gestes affectés.

Sire, n'hésitez-pas! Sire, prenez ma tête!
Pour moi du Bourguignon que la hache s'apprête!
Je fus coupable un jour. .. puis-je m'en repentir?
Lorsque j'ai frappé Jean, c'était pour vous servir!

CHARLES.

Je sais à quels périls un tel refus m'expose;
Mais je ne livre point celui qui sert ma cause,
Amèrement.
Fût-il coupable!

LA HIRE.

Et nous, ne nous livrez-vous pas?

CHARLES, avec découragement.

Un obstacle nouveau m'arrête à chaque pas!

SAINTRAILLES, bas à La Hire.

Prompt à l'abattement ainsi qu'à l'espérance,
De tout ce qui l'entoure, il subit l'influence.

LA HIRE.

Hélas!

CHARLES.

Dieu m'abandonne et tout est bien fini.

Digitized by Google

LA HIRE.

Rappelez Richemont, injustement banni.

CHARLES, regardant La Trémoille.

Lui ! dont le bras maudit frappe tous ceux que j'aime !
Non ! mieux vaut ne jamais ceindre le diadême
Que de le recevoir de ses indignes mains !

LA HIRE.

Alors donc, monseigneur, c'est fini, je le crains !

CHARLES.

Du sire de Giac n'ai-je vu le supplice ?

SAINTRAILLES.

De vos ressentiments faites le sacrifice !

CHARLES.

Jamais !

SAINTRAILLES.

Et le secours, alors, où le trouver ?
Sire, un miracle seul peut encor vous sauver.

SCÈNE TROISIÈME

LES MÊMES, DUNOIS.

DUNOIS.

O mon roi, ce miracle, il s'accomplit sans doute !

CHARLES.

Que nous dit là, Dunois ? Mon beau cousin, j'écoute.

DUNOIS.

Oui, ce secours du Ciel est enfin descendu !
Osez lutter encore, et tout n'est pas perdu !

CHARLES.

Quoi....

Digitized by Google

DUNOIS.

Tout n'est pas perdu ! J'en crois une inspirée
Par les anges de Dieu, par Dieu même éclairée ;
Une femme, qui vient pour combattre avec nous.

CHARLES.

Une femme !

LA HIRE.

Oh ! Mordieu ! le grand secours pour nous !

DUNOIS.

Seigneur, pour ne plus rire il suffit qu'on la voie.

LA HIRE.

C'est quelque folle... ou bien quelque fille de joie,
Qui pour de l'or. .

DUNOIS.

Ses yeux aussi purs qu'un beau jour
Commandent le respect, cent fois plus que l'amour.

LA TRÉMOILLE.

Sire, on veut se moquer ; vous ne voudriez croire...

CHARLES, à Dunois avec un triste sourire.

Mais que peut-elle bien ?

DUNOIS.

Vous rendre la victoire.

LA HIRE.

C'est trop fort !

DUNOIS.

Dieu le veut ! Oui, croyez-en Dunois !
En défendant la France et le fils de nos rois,
L'amitié vient encore échauffer mon courage !
D'un frère infortuné je défends l'héritage !
Je veux pour Orléans combattre le dernier.
Sire, n'oubliez pas les droits du prisonnier !
Écoutez retentir dans nos camps, dans nos fêtes,
Ce nom cher aux guerriers, ce nom cher aux poëtes !

Digitized by Google

Du prince généreux, du trouvère au grand cœur,
De Charles d'Orléans, souvenez-vous, Seigneur!

CHARLES.

Oui!... Mais de cette enfant que doit-il donc attendre?

DUNOIS.

Oh! de son ascendant nul ne peut se défendre.

CHARLES, souriant malicieusement.

N'a-t-elle pas vaincu Dunois, l'honneur des preux?

DUNOIS, sans paraître comprendre.

Tous vous serez vaincus!

LA HIRE, considérant l'air badin de Charles et l'enthousiasme de Dunois, à part :

Ils sont fous tous les deux!

DUNOIS.

Permettez que céans Jeanne soit amenée,
Avant de décider sur notre destinée.

CHARLES.

C'est Jeanne!... un joli nom. Soit, j'y consens pour toi.
En cette mission je n'ai pas grande foi,
Mais voir la belle fille est chose trop plaisante
Pour que d'un long refus, Dunois, je te tourmente.

DUNOIS.

On va donc la quérir, voulez-vous?

CHARLES.

Je le veux.

Dunois parle bas à quelques serviteurs qui sortent pour chercher Jeanne.

DUNOIS.

Tout-à-l'heure, mon roi sera plus sérieux!

CHARLES, à La Trémoille qui est très-richement vêtu.

Viens, sieds-toi sur mon trône, et reçois à ma place.
Moi, parmi les seigneurs à tes pieds je m'efface.

La Trémoille monte en riant sur le trône et contrefait des airs de prince en audience solennelle. Il a passé le collier de brillants et les bijoux royaux.

Digitized by Google

SCÈNE QUATRIÈME

LES MÊMES, JEANNE *escortée de seigneurs lorrains.*

Elle va droit à Charles, et se prosterne devant lui, sans regarder La Trémoille, qui joue en vain avec son riche collier.

CHARLES.

Pourquoi donc, jeune fille, embrasser mes genoux ?
Voici le roi, là-bas.

JEANNE.

Gentil dauphin, c'est vous;
C'est bien vous, et nul autre.

CHARLES.

Eh, par le ciel, messires,
Qui m'a nommé ?

JEANNE.

Celui qui soutient les empires.

CHARLES.

Qui donc ?

JEANNE.

Le Roi du Ciel ! Pour sauver Orléans,
Et vous sacrer à Reims il m'amène céans.

LA HIRE.

Suis-je bien éveillé ? Que dit cette insensée ?

JEANNE.

Je ne puis de ce mot me sentir offensée,
Tous l'ont cru comme vous. Pourtant, mon bon seigneur,
Vous me suivrez à l'œuvre et verrez votre erreur.

CHARLES.

Mais en quoi, belle enfant, ton aimable présence
Prêtera-t-elle force à mes vassaux de France ?
Le glaive et le haubert sont lourds, le sais-tu bien ?

Digitized by Google

JEANNE.

En mon Dieu, de ceci, vraiment, je ne sais rien.
Je sais que Charlemagne et saint Louis, vos pères,
Sont vers Lui, le priant de finir vos misères;
Et que les saints martyrs m'ont fait le grand honneur
De me choisir là-haut pour vous rendre vainqueur.

CHARLES, souriant à demi.

Tu me rendras vainqueur? Comment puis-je te croire?

JEANNE, l'entraînant à l'écart et baissant la voix.

Hier soir, vous avez dit, seul dans votre oratoire :
« Du sceptre si je suis légitime héritier,
» Faites-le-moi savoir, ô Seigneur! Le premier
» Vous me verrez alors lutter avec audace.
» Mais, grand Dieu, s'il est vrai que j'usurpe ma place;
» Si je suis né déjà flétri quoiqu'innocent...
» Protégez mon refuge, et soyez-moi clément!
» Si je ne dois régner, faites qu'en exil même
» Je reste aux yeux de tous digne du diadême! »

CHARLES, au comble du saisissement.

Tout dormait.... Qui t'a dit ces vœux mystérieux?

JEANNE, élevant la voix.

De la part du Seigneur, au nom du Roi des Cieux,
Je dis : Noble dauphin, recouvrez l'espérance!
Vous êtes l'héritier du royaume de France!
Vous régnerez bientôt, levez-vous, fils de roi!

CHARLES, s'inclinant subjugué.

O Ciel!... Il s'accomplit un miracle pour moi!...
Sauvé d'un doute affreux, je tressaille de joie!
Marchant vers les seigneurs.
Saluez Jeanne, amis, c'est le Ciel qui l'envoie!
Par des signes certains elle me l'a prouvé;
Fort du secours divin le pays est sauvé!

LA HIRE.

Prouve-nous donc aussi que le Seigneur t'inspire.

Digitized by Google

JEANNE.

Oh ! ce n'est point ici que je le puis, Messire.
A Charles.
Marchons à l'ennemi, donnez-moi des soldats,
Confiant en ma foi, daignez suivre mes pas;
Et je lui ferai voir aussitôt par quel signe
De la faveur du Ciel je me montrerai digne.

DUCHATEL.

Dieu n'a besoin de preux ; n'est-il maître en tout lieu ?

JEANNE.

Les gens d'armes aux champs batailleront, et Dieu
Donnera la victoire.

DUNOIS.

Oui, s'il nous vient en aide,
Nos revers et nos maux ne sont pas sans remède.

CHARLES.

Ainsi, le voilà donc, ce céleste secours,
Qu'un peuple confiant attendait tous les jours !

LA TRÉMOILLE, à demi-voix en ricanant.

Noble chef pour guider notre chevalerie !

DUNOIS.

Quelle main n'est pas noble en servant la patrie ?

JEANNE.

Merci ! merci, Dunois ! Oh ! je le savais bien
Que votre brave cœur seconderait le mien !
C'est un si dur labeur que mener gens de guerre !
J'aimerais mieux filer près de ma pauvre mère;
Mais mon Seigneur le veut, je lui dois obéir.

LA HIRE.

Quoi ! suis-je donc en France, et que viens-je d'ouïr ?
Sang du Christ ! avons-nous oublié qui nous sommes ?
C'est une faible enfant qui va guider des hommes !
Savez-vous le secours que Dieu vous enverra ?
« Aide-toi, nous dit-il, et le ciel t'aidera ! »

Digitized by Google

JEANNE.

Quand les fils d'Israël, sans force, sans courage,
Pleuraient au bord du Nil sur leur triste esclavage,
Ah ! croyaient-ils qu'un maître heureux et triomphant
Devait être vaincu par leur obscur enfant ?
Dieu le sauve des eaux, l'éclaire, l'accompagne ;
Un jour, le berger voit sur la sainte montagne
Dans un buisson ardent resplendir l'Éternel :
« Moïse, lui dit-il, sauve mon peuple ! »

SAINTRAILLES.

O Ciel !
Qui donc peut rester sourd à cet accent sublime !

JEANNE.

C'est ainsi que ce Dieu m'apparaît et m'anime !
C'est ainsi qu'il me parle et que j'entends sa voix !
Suivez-moi, Charles VII, messire de Dunois,
Vous, La Hire, Saintraille, honneur de la patrie !
Volez sous l'étendard de la Vierge Marie !

DUCHATEL.

Pour nourrir, pour vêtir tant de soldats, point d'or !

JEANNE.

De ce qu'a dit Jésus, vous souvient-il encor ?
« Voyez l'oiseau du ciel : dans l'horizon immense
» Sans crainte et sans désir en chantant il s'élance ;
» Et mousse, et paille, et grain, rien ne manque à son nid ;
» Il ne moissonne point ; mon Père le nourrit....
» Voyez le lys des champs : à la seule nature
» Il emprunte sa fraîche et brillante parure ;
» Et le roi Salomon dans toute sa splendeur
» Ne fut jamais vêtu comme une simple fleur.
» Ne craignez point ! »

QUELQUES SEIGNEURS.

Grand Dieu !...

DUNOIS.

L'Esprit-Saint l'illumine !

Digitized by Google

JEANNE.

Un peuple réveillé par une voix divine,
Un peuple qui répond à l'appel du Sauveur,
Est toujours riche assez par sa foi, par son cœur!
Il n'est plus de revers, il n'est plus de misères;
Le fastueux seigneur et le manant sont frères.
Qui possède un trésor s'en dépouille joyeux
Pour le salut commun, seul objet de leurs vœux.
Vassaux, résignez-vous à souffrir sans murmure;
Hauts barons, revêtez et le casque et l'armure.
L'Anglais règne paisible en vos fiefs désolés....
Contre ses bataillons marchez, courez, volez!
Volez, le cœur gonflé d'une ire vengeresse,
Repoussez, rejetez la main qui vous oppresse!
Ils vont fuir devant vous, ces maîtres orgueilleux!
Vengeons de notre roi les combats malheureux;
Vengeons de notre peuple et le sang et les larmes:
Aux remparts d'Orléans, sus, aux armes!

TOUS.

Aux armes!

TROISIÈME ÉPOQUE

ORLÉANS.

Intérieur d'un palais.

SCÈNE PREMIÈRE

FRÈRE PASQUEREL, *agenouillé à un prie-Dieu*, *puis* DUNOIS.

PASQUEREL.

Seigneur, toi dont la main équitable et sévère,
S'appesantit parfois sur tes fils égarés;

Digitized by Google

O toi, dont la justice, et non pas la colère,
Permet qu'ils soient frappés du fléau de la guerre
Pour se lever régénérés;

Depuis assez longtemps la pauvre France expie
Et ses divisions et son fatal orgueil.
Préserve-la, mon Dieu, de ce carnage impie!
Elle semble renaître à l'espoir, à la vie,
Un rayon a lui sur son deuil!

Fais que cette espérance, ô Dieu, ne soit point vaine!
Notre pays aimé ne peut ainsi finir!
Délivre ses enfants des factions, des haines,
Du cruel étranger qui leur forge des chaînes!...
Qu'ils revivent pour te bénir!

Sous les murs d'Orléans, lorsque ta messagère
Nous apporte l'espoir de ton puissant secours,
Faut-il donc retourner à notre angoisse amère?
Quel péril la menace aujourd'hui!... Notre père,
Notre Seigneur, sauve ses jours!

DUNOIS, aux hommes d'armes du dehors.

Les archers de Boussac, vers le nord de la ville.....
Cet écrit à l'instant au sire de Graville;
Et cet autre message au commandant de Blois;
Le temps presse.

PASQUEREL.

Eh! c'est vous, monseigneur de Dunois!
Vous n'accompagnez pas d'Alençon et Saintrailles?
Vous ne combattez point avec Jeanne aux murailles?

DUNOIS.

Non; elle m'a laissé des devoirs à remplir.
Avec le gouverneur j'ai dû m'entretenir,
Envoyer des exprès au chef d'une autre place.
Oh! Jeanne sait unir la prudence à l'audace,
Et semble un vieux guerrier.

Digitized by Google

PASQUEREL.

Qui va la protéger,
Quand elle court, hélas, un si pressant danger ?

DUNOIS.

Mon père, d'où vous vient cette triste pensée ?

PASQUEREL.

Jeanne a dit, au départ : « Je reviendrai blessée. »
Et, depuis qu'Orléans l'a reçue en ses murs,
Les avis de ses voix sont toujours vrais et sûrs

DUNOIS.

Dieu veuille détourner ce sinistre présage!

PASQUEREL.

Nul effroi n'a paru sur son noble visage ;
Connaissant le péril, en partant ce matin
Elle avait l'œil riant, le front calme et serein.

DUNOIS.

Elle n'hésita point ?

PASQUEREL.

Non ; moi seul je m'afflige.

DUNOIS, regardant les bannières anglaises appendues aux murailles.

La victoire renaît sur ses pas ; quel prodige !

PASQUEREL.

J'en suis fier, moi qui fus son guide et son ami,
Alors qu'elle filait naguère, à Domrémy.

DUNOIS.

Oh ! vous la connaissiez, frère ?

PASQUEREL.

Dès son enfance,
Humble maître, éveillant sa jeune intelligence,
Je m'étonnais de voir s'allumer en ce cœur,
Des héros et des saints l'énergie et l'ardeur !

Digitized by Google

Lorsque je lui contais les revers de nos armes,
Je voyais un éclair rayonner sous ses larmes!
Et, si je m'asseyais chez son père, le soir,
Parfois je tressaillais de mon pieux espoir.
Car, malgré son silence, en cette âme d'élite,
Je croyais deviner la guerrière prédite.
Et quand, à mes genoux, elle me dit adieu,
Comme prêtre et français je rendis grâce à Dieu!

DUNOIS, lui tendant la main.

Vous êtes un saint homme!

PASQUEREL.

Un jour, sa pauvre mère
Dit en pleurant : « Ma fille est allée à la guerre!
» Oh! si vous la suiviez en ce rude chemin! »
Et je lui répondis : « Je partirai demain. »
Hommes d'armes et clercs, qui faisaient ce voyage,
Étaient pleins comme moi d'ardeur et de courage.
L'espoir nous revenait ainsi que le beau temps;
La nature elle-même, au souffle du printemps,
Dépouillant son manteau de neige et de froidure,
Revêtait sur nos pas une fraîche verdure.
Devant les preux, armés d'un fer libérateur,
Nous, prêtres, nous chantions : « Viens, Esprit Créateur,
» Daigne visiter ceux que remplit ta lumière.....
» Tu renouvelleras la face de la terre. »
Et ces rudes soldats, trop longtemps oublieux,
Pleuraient en entendant nos chants religieux.

DUNOIS.

Elle les inspirait! Que ne l'avez-vous vue,
Alors qu'à son entrée Orléans l'a reçue!
Armée, et chevauchant sur un destrier blanc,
Jeanne, à côté de moi, marchait au premier rang;
Et sa virile main agitait sa bannière,
Où semblaient se jouer des torrents de lumière!
Son casque, étincelant au soleil radieux,
Ne couvrait qu'à demi les flots de ses cheveux.

Digitized by Google

Qu'elle était belle à voir ! La foule, tout émue,
Disait : « Oui, de Dieu même elle nous est venue ! »
De joyeuses clameurs s'élevaient jusqu'au ciel ;
Au devant de ses pas chacun criait : Noël !
Comme au devant des rois, en signe d'allégresse.
Un seul jour les payait de six mois de détresse ;
Et, disputant entr'eux l'honneur de l'approcher,
Ils se croyaient bénis, s'ils pouvaient la toucher !

On entend du tumulte et des cris au dehors.

PASQUEREL.

Mais quel est donc ce bruit ?

DUNOIS.

Des cris se font entendre !

PASQUEREL.

Le nom de Jeanne d'Arc !

DUNOIS.

Dieu ! qu'allons-nous entendre ?

PASQUEREL, *regardant à une fenêtre.*

Quelle foule se presse aux abords du palais !...

Dunois et Pasquerel marchent vers la porte.

SCÈNE DEUXIÈME

LES MÊMES, JEANNE, LA HIRE, SAINTRAILLES, *foule de généraux et de soldats. Jeanne, revêtue d'une cuirasse, est blessée d'une flèche entre le cou et l'épaule, et soutenue par ses compagnons. Elle est tête nue ; un page porte son casque, un chevalier sa bannière.*

PASQUEREL.

J'en étais sûr ! Ses voix ne la trompent jamais !...

DUNOIS.

Jeanne est blessée, ô ciel !

JEANNE.

Nous avons la victoire !

Digitized by Google

PASQUEREL.

Du sang.... voilà du sang!...

JEANNE, arrachant la flèche de sa blessure.

Non pas! c'est de la gloire!

Jeanne tombe dans un grand fauteuil gothique; on détache la cuirasse, que son page d'Aulon suspend à l'une des panoplies de la salle; Pasquerel, assisté de quelques serviteurs, se met en devoir de la panser.

LA HIRE, à Pasquerel.

Est-il quelque danger?

JEANNE.

Amis, pourquoi frémir?
Le roi n'est point sacré, je ne puis pas mourir.

PASQUEREL.

Rendons grâce au Seigneur, la blessure est légère.

DUNOIS.

Quel bonheur!

JEANNE, avec enthousiasme.

Elle a fui, cette armée étrangère,
Cette armée orgueilleuse, et que de longs succès
Faisaient croire invincible aux malheureux français.
Nous avons dispersé leur foule désarmée!...
J'ai levé ma bannière! Elle a fui, cette armée,
Si forte, si puissante et si riche en héros!

PASQUEREL, essayant en vain d'achever le pansement.

Jeanne, je vous en prie, un moment de repos!

DUNOIS.

O peuple humilié, pauvres soldats de France,
Qui n'aviez même plus pour soutien l'espérance;
Qui voyiez chaque jour tant de frères périr,
Trahis, même par ceux qui devaient les servir;
Non, tout n'est pas perdu, tout renaît!... quel spectacle!

SAINTRAILLES.

Jeanne, votre valeur accomplit un miracle.

Digitized by Google

LA HIRE.

e rempart qu'à a saut vous avez emporté
Comme imprenable était dès-longtemps respecté.
Je ne soupçonnais pas cette force divine,
Et je me répétais, dans mon humeur chagrine :
« Par la mort-Dieu ! que peut cette femme au combat? »
J'eus tort, car cette femme est un brave soldat.
Eh ! touchez donc là, mor....

Il lui tend la main.

JEANNE, l'interrompant vivement.

Merci, mon cher La Hire.
Vraiment, vous m'affligiez plus que je ne puis dire.
Ah ! comment sans chagrin voir un homme de cœur,
Quand il m'eût dû servir, m'insulter par erreur?
Que tout soit oublié, je serai votre amie.
Mais, ne jurez donc plus ; Jeanne vous en supplie !

LA HIRE, souriant.

Allons, je tâcherai de m'amender pour vous.

SAINTRAILLES.

Grand prodige ! La Hire obéissant et doux !

Dunois, La Hire et Saintrailles causent bas entr'eux, en riant.

PASQUERREL, à Jeanne.

Prenez quelque repos.

JEANNE.

Oui ; j'obéis, mon père...
Mais avant tout, tenez, prenez cette aumônière ;
Aux malheureux blessés versez-en les deniers ;
N'oubliez pas, surtout, les pauvres prisonniers ;
Soulagez leur misère, et que votre parole,
Que votre charité les gagne, les console !
Nos succès de plusieurs causeront le trépas !...
Que leur dernier soupir ne me maudisse pas !

Pasquerel, sort avec les pages et quelques spectateurs.

Digitized by Google

SCÈNE TROISIÈME

DUNOIS, LA HIRE, SAINTRAILLES, JEANNE, *qui s'endort peu-à-peu dan un fauteuil.*

SAINTRAILLES, continuant une conversation commencée à voix basse

... Et Talbot cependant demeurait dans l'attente.

DUNOIS.

L'Achille anglais est donc retiré sous sa tente?

XAINTRAILLES.

Gladesdale et Suffolk aussi muets que lui,
Avec nous ont appris à compter aujourd'hui.

LA HIRE.

Par la mort Dieu!... bientôt cette insolente armée
Va fuir honteusement, tremblante et désarmée.

DUNOIS.

Jeanne qui nous entend vous grondera bien fort;
La Hire, vous jurez!

LA HIRE, la regardant.

Par bonheur elle dort.

DUNOIS, la contemplant avec une admiration ¡ieuse.

Dors en paix, sainte enfant, bon ange de la France!
Les esprits qu'éblouit, que dompte ta puissance,
Sont bientôt captivés par tes douces vertus,
Sans savoir ce qu'en Jeanne ils admirent le plus!

LA HIRE.

Monseigneur, pardonnez si ce propos vous blesse:
N'est-il pas là-dessous quelque tendre faiblesse?

DUNOIS.

Quoi? la reconnaissance à vos yeux est erreur?

LA HIRE.

ang Dieu! le vieux routier conserve encore un cœur

Digitized by Google

A tout brillant exploit ce cœur bondit et crie !
Moi, j'aime tout soldat qui sert bien sa patrie,
Mais ne m'informe point pour vivre sous ses lois
Si je dois l'appeler Jeanne d'Arc ou Dunois.

DUNOIS.

Quand nos anciens croisés avaient revu leur dame,
Ils sentaient de l'honneur se raviver la flamme,
Ils se croyaient plus forts ! et pourtant, nul d'entr'eux
Ne retrempa son cœur à ce cœur généreux !...

SAINTRAILLES.

A votre gré, seigneur, rêvez chevalerie ;
Mais de réalités devisons, je vous prie.
De nos premiers succès nous nous vantons bien haut ;
Tandis qu'un ennemi, rarement en défaut,
Nous guette, et suit de loin les incidents du siége.
Ne redoutez-vous pas de Bedfort quelque piége ?
Quelque surprise ?... Lui, qui connaît bien nos preux
Les sait imprévoyants autant que valeureux.
Dites, qui défendra de sa froide science
Jeanne, dont vous voyez la bouillante imprudence ?

JEANNE, endormie.

C'est l'Archange !...

LA HIRE.

Elle parle !

DUNOIS.

En êtes-vous surpris ?
Elle parle en dormant aux saints du paradis.

JEANNE, s'agitant.

Monseigneur saint Michel, où donc ?...

LA HIRE.

Voyez ses larmes !
Réveillons-la.

JEANNE, toujours endormie.

J'y cours !

Digitized by Google

DUNOIS.

Mais elle souffre !

La Hire et Dunois marchent vers elle.

JEANNE, se réveillant seule et se dressant de toute sa hauteur.

Aux armes !

LA HIRE.

Eh mais.... qu'avez-vous, Jeanne ? et qu'est-il arrivé ?

JEANNE.

Le cri du sang français vers moi s'est élevé !
Le sang coule aux remparts ! il a rougi la terre
Et je ne suis pas là !... Mes armes, ma bannière !

DUNOIS.

Mais vous êtes blessée, il faut rester...

JEANNE.

Moi ?... moi !...
Non, je ne sens plus rien ! Il faut servir le roi.

Élevant la voix et se tournant vers la porte du fond.

D'Alençon !... de Villars, d'Aulon, Boussac, Saintrailles !...
Mes braves, armez-vous, suivez-nous, aux murailles !

SCÈNE QUATRIÈME

LES MÊMES, ALENÇON, D'AULON, *chefs et soldats nombreux, arrivant, non ensemble, mais séparément.*

ALENÇON.

Qu'est-ce donc ?

JEANNE, bouclant sa cuirasse.

Des blessés roulent dans la poussière.

D'AULON, l'aidant à s'armer.

Qui l'a dit ?

JEANNE.

Le sommeil avait clos ma paupière,

Digitized by Google

Quand mes voix m'ont crié : « Lève-toi !... Lève-toi !... »
L'Archange saint Michel apparut devant moi,
Puis sainte Marguerite et sainte Catherine,
M'éclairant des rayons dont leur front s'illumine :
« Va, disent-ils ; tes gens sont en péril... tu dors !
» Arme-toi ! car déjà plusieurs d'entr'eux sont morts !
» — Mais où donc ? où marcher ? L'Ange dit : Confiance !
» Fille de Dieu, va, va, je te prête assistance !
» Va !

DUNOIS.

Marchons, ces soldats, Jeanne les trouvera.

JEANNE.

En avant ! suivez-moi ! le ciel nous guidera !

SCÈNE CINQUIÈME

La tente du duc de Bourgogne, aux abords d'Orléans. Il fait nuit. LE DUC PHILIPPE *est accoudé, pensif, à une table où sont épars des cartes et des plans.* LE SIRE DE CROY *est debout devant lui.*

PHILIPPE.

Eh quoi !... les miens aussi fuyaient donc sans vergogne !

DE CROY.

A votre humble vassal, monseigneur de Bourgogne,
Pardonnez quelques mots qu'on ne vous dit jamais :
Ils se croient tous maudits de servir les Anglais !...

Philippe, le front soucieux, tourne un regard irrité vers de Croy, qui continue sans se déconcerter.

Surtout depuis qu'on voit combattre cette Jeanne,
Ils pensent qu'un arrêt de là-haut les condamne.
Ah ! lorsque nous suivions notre vrai suzerain,
De courage et d'ardeur notre cœur était plein !

PHILIPPE.

Laisse-moi !

Il le congédie du geste ; de Croy s'éloigne.

Digitized by Google

SCÈNE SIXIÈME

LE DUC PHILIPPE, puis BEDFORD.

PHILIPPE, après un moment de silence, regardant le plan étalé devant lui.

Mes vassaux ont jeté leurs bannières !
Malgré ces boulevards, ces digues, ces barrières,
Comment a-t-elle pu s'emparer de ce fort ?...

Il tressaille et se lève en apercevant devant lui la grave figure du régent.

O ciel ! est-ce bien vous, monseigneur de Bedford ?

BEDFORD, froidement.

Duc Philippe, c'est moi.

PHILIPPE.

Le péril est immense.
Par vos sages avis, par votre expérience,
Venez-vous rassurer le soldat alarmé ?

BEDFORD.

Inquiet des revers dont j'étais informé,
J'ai voulu tout entendre et tout voir par moi-même.
D'où vient, répondez-moi, cette terreur extrême ?
Une femme serait cause de tant de maux ?

PHILIPPE.

On dit qu'elle commande aux esprits infernaux.

BEDFORD, avec un demi-sourire.

Quoi qu'on doive penser de sa puissance occulte,
Nul acte politique habile n'en résulte.
N'écrivit-elle pas pour nous persuader
Nous, Anglais, de souscrire à nous déposséder,
A renier nos droits, à fuir, Dieu me pardonne !
Cette folle croyait qu'on cède une couronne !
La foi dans le succès rend un parti vainqueur :
Notre plus dangereux ennemi, c'est la peur.

Digitized by Google

PHILLIPPE, frémissant d'une colère contenue

Entendez-vous par là que moi je la partage?

BEDFORD, toujours froidement.

Dieu m'en garde! je sais quel est votre courage.

PHILIPPE.

Eh! je conforte en vain mes tristes compagnons.

BEDFORD.

Mais les plus abattus ce sont vos Bourguignons.
Vos Bourguignons ont fui devant une bergère!

PHILIPPE.

Bedford! épargnez-moi cette parole amère!

BEDFORD.

Ils fuyaient.... et l'Anglais par le nombre accablé....

PHILIPPE, l'interrompant.

Je connais mes vassaux, ils n'ont jamais tremblé,
Ils n'auraient jamais fui sans un pouvoir magique.

BEDFORT.

Par ce mot tout revers fort aisément s'explique.

PHILIPPE.

Oseriez-vous, Bedford, douter de ma valeur?

BEDFORD.

Non; mais qu'un prompt succès répare ce malheur.

PHILIPPE.

Pourtant, nous l'emportions sans vous, seigneur beau-frère.
Orléans a voulu se rendre à moi naguère...

BEDFORD.

J'eusse été bien marri de battre les buissons,
Pour qu'un autre survînt qui prît les oisillons.

PHILIPPE.

Vous nous avez perdus par trop de défiance!

Digitized by Google

BEDFORD.

Non, sachez tout; voici l'heure de la vengeance.
Je me suis déjà fait de secrets partisans
Parmi les Armagnacs, jusque dans Orléans.
J'ai fait creuser la voie en la terre enfermée,
Qui vomit à l'instant dans la ville une armée;
Fatiguée et blessée, après de longs combats,
L'idole des Français ne les sauvera pas.
Cette nuit, avec elle, ils seront notre proie :
Et l'ombre d'Henri V en tressaille de joie!

PHILIPPE, se troublant.

Tous ces braves guerriers... lâchement égorgés...

BEDFORD, le regardant d'un œil scrutateur et glacé.

Servez-vous donc nos droits ou ceux des assiégés?

PHILIPPE.

Ils ne devaient mourir qu'au grand jour des batailles!
La Hire, le bâtard d'Orléans, et Saintrailles,
Mon vieil ami!...

BEDFORD.

Comment?...

PHILIPPE.

Savoir qu'ils vont périr!

BEDFORD.

De vous avoir trop dit, dois-je me repentir?

PHILIPPE, fièrement.

Qu'entendez-vous par là? Vous me craignez, peut-être?
Je ne trahirai point; vous devez me connaître.
Avec découragement.
Mais les savoir, la nuit, indignement surpris...

BEDFORD.

Je croyais les Français objets de vos mépris.

PHILIPPE.

Duc!... Vassal révolté j'appelai la vengeance...
Mais je suis encor fils de la maison de France!

Digitized by Google

BEDFORD, avec calme.

Que ne l'avez-vous dit, seigneur au front altier,
Quand à vous Henri V a daigné s'allier?

PHILIPPE.

Daigné, lui!... quoi, daigné voir ses armes prospères?
C'était moi qui livrais le pays de mes pères!

BEDFORD.

Il sut le conquérir par ses vaillants efforts.

PHILIPPE.

Craignez de me donner quelque jour des remords!

BEDFORD

Êtes-vous si puissant que vous voulez paraître?

PHILIPPE.

Par la mort et l'enfer! vous croyez-vous mon maître?

BEDFORD, toujours calme et froid.

Au maître légitime allez baiser la main,
Et du duc Jean-Sans-Peur que le sang crie en vain.

PHILIPPE.

Ciel!

BEDFORD.

A son suzerain il venait rendre hommage;
La paix, des jours meilleurs semblaient naître pour tous.
Et pendant qu'il était humblement à genoux...

PHILIPPE.

Assez, cruel Bedford, ô mon père, mon père!

BEDFORD.

Les amis du dauphin l'ont frappé par derrière,
A son ordre.

PHILIPPE.

Non... Charle ignorait leurs desseins.

BEDFORD.

Comment donc a-t-il su punir les assassins?

Digitized by Google

Auraient-ils expié leur criminelle audace?
Parmi les favoris ils ont repris leur place.

PHILIPPE.

Les lâches!...

BEDFORT.

J'ai servi la vengeance d'un fils.

PHILIPPE.

C'est vrai!...

Pensif.

Mais avant tout, on se doit au pays.

BEDFORD le considère un instant en silence; puis reprend avec une froide ironie.

A mille autres revers un seul revers expose:
D'un repentir tardif nous comprenons la cause.

PHILIPPE.

Milord!

BEDFORD, ricanant.

A saluer Valois n'hésitez plus;
Il est temps de nous fuir, quand nous sommes vaincus.

PHILIPPE.

D'un si honteux calcul, eh quoi, Bedford m'accuse!

BEDFORD.

Mais non; c'est trop de hâte; et si, grâce à ma ruse,
Un triomphe m'attend? Tout peut être oublié.

PHILIPPE, hors de lui.

Oh! de cet étranger je suis donc l'allié!

BEDFORD fait un mouvement de colère aussitôt réprimé, et reprend son attitude impassible.

Voyons, duc, songez-y, l'instant n'est pas propice
Pour savoir qui de nous se plaint avec justice.
Restons unis, le droit appartient au plus fort;
Et nul ne nous vaincra si...

PHILIPPE.

Laissez-moi! Bedford!
Cette guerre a coûté trop de sang, trop de larmes!

Digitized by Google

SCÈNE SEPTIÈME

LES MÊMES, SUFFOLK, *pâle, agité.*

PHILIPPE.

Quoi, Suffolk !

SUFFOLK.

Un démon combat contre nos armes !
Pouvons-nous de l'enfer déjouer les complots ?...
Sir Willams Gladesdale a roulé dans les flots,
Devant Jeanne !

BEDFORD.

Blessée ?... On devait la surprendre.

PHILIPPE.

Ses soldats endormis...

SUFFOLK.

Ils semblaient nous attendre.
L'invincible sorcière était encor debout !
Un traître, ou quelque esprit familier lui dit tout ;
Car elle courut droit où débouchaient nos braves.
Par magie elle en fit des lâches, des esclaves !...

BEDFORD.

Ils ont fui sans combattre ?

SUFFOLK.

On ne sait quelle horreur
Devant son étendard soudain glace leur cœur.

BEDFORD.

Marchons donc, essayons d'arrêter leur retraite.

SUFFOLK.

L'ennemi près de vous menace votre tête.
Partez !... n'attendez pas qu'ils viennent jusqu'ici
Forcer notre régent à demander merci !

Digitized by Google

BEDFORD.

Bedford voudrait aussi se sauver par la fuite?

SUFFOLK, avec une bravoure calme.

C'est à moi d'arrêter un instant leur poursuite,
En me faisant tuer.

A Bedford et Philippe.

Fuyez vers Meung, Seigneurs
Et conservez au roi ses premiers défenseurs!

PHILIPPE.

Quoi! vous...

SUFFOLK.

On peut sans moi triompher à la guerre.
Bedford tient en ses mains le sort de l'Angleterre.

BEDFORD, avec gravité.

A m'épargner pour elle il faut donc consentir.

PHILIPPE, impétueusement.

Moi, je reste, s'il est des dangers à courir!

Bedford s'éloigne

SUFFOLK, à Philippe.

Marchons!

PHILIPPE, tirant son épée.

Unissons-nous dans un effort suprême;
On est parfois sauvé par le désespoir même!

Digitized by Google

QUATRIÈME ÉPOQUE

REIMS.

Intérieur d'un palais.

SCÈNE PREMIÈRE

JEANNE, FRÈRE PASQUEREL

JEANNE.

Philippe au suzerain viendra ; j'ai la promesse
De ces voix de là-haut qui me parlent sans cesse.

PASQUEREL.

Mais vos pieux efforts pourtant furent perdus.

JEANNE.

Peut-être viendra-t-il quand je n'y serai plus...
N'importe ! en lui du bien j'ai versé la semence :
Mon roi recueillera pour moi la récompense.

PASQUEREL.

Si Charles malheureux, chassé de ses États,
N'avait plus de recours ni d'espoir qu'en son bras,
Philippe, avec orgueil, du roi qu'on abandonne,
Peut-être reviendrait relever la couronne.
Son faste généreux croirait digne de lui
D'être justicier, puis sauveur ! Aujourd'hui,
Charles par d'autres mains ressaisit la puissance,
Et le duc a perdu le fruit de sa vengeance.

JEANNE.

Je veux écrire encor, bon frère Pasquerel.

Pasquerel prend l'écritoire de corne suspendue à sa ceinture à côté de son chapelet, et s'assied à une table où sont des parchemins.

Digitized by Google

JEANNE, dictant

« Mon redouté seigneur,
» De par le roi du ciel,
» Jeanne d'Arc vous requiert d'oublier votre offense,
» Pour faire bonne paix avec le roi de France.
» L'un à l'autre, aujourd'hui, pardonnez de bon cœur,
» Comme loyaux chrétiens dociles au Sauveur.
» S'il vous plaît guerroyer, allez à l'infidèle;
» La France vous attend; ne marchez pas contre elle!
» Venez, et rejetez vos alliés anglais;
» Jésus, mon divin maître, a béni vos succès!
» Aujourd'hui, notre roi reçoit l'huile sacrée,
» Et votre place était près de lui préparée;
» J'espérais vous y voir!...
Dieu vous garde à jamais,
» Seigneur duc de Bourgogne, et qu'il vous fasse paix. »

Ma croix.....

Elle trace une croix sur la lettre. Frère Pasquerel plie le parchemin pour y mettre l'adresse :

Il est à Lille, en son comté de Flandre. (1)

Pasquerel sort, après avoir écrit l'adresse.

SCÈNE DEUXIÈME

JEANNE, DUNOIS, LA HIRE, SAINTRAILLES, LA TRÉMOILLE, DUCHATEL.

DUCHATEL.

On attend la couronne?...

LA TRÉMOILLE.

Oh! je ne puis comprendre
D'où nous vient ce retard!

---

(1) On sait que cette lettre, écrite le jour du sacre, est encore aux archives de Lille.

Digitized by Google

DUCHATEL.

Les usages royaux
Exigent, pour sacrer un prince, ses joyaux.

JEANNE, relevant la tête et s'avançant vers eux.

Qu'est-ce qui fait un roi? Le prix de sa couronne?
Qu'importe, si le peuple avec amour la donne,
Qu'elle étincelle d'or ou qu'elle soit de fer?
Son nom en sera-t-il ou plus grand ou plus cher?

DUNOIS.

Croyons l'ange sauveur que le ciel nous envoie!

JEANNE.

Oui, le roi Charles sept, paré de notre joie,
Brillant de son triomphe et couvert de lauriers,
N'ayant pour toute cour que ses féaux guerriers,
Mon prince n'a besoin d'un faste qu'il méprise.
Reims a bien un trésor dans son antique église?
Cherchez une couronne, et qu'il soit en ce jour
Consacré par le ciel comme par notre amour!

LA TRÉMOILLE, bas à Duchâtel.

Elle décide tout et règne seule en France.
Nous n'aurons plus ici ni crédit ni puissance.

DUCHATEL, bas.

Son empire absolu quelque jour nous perdra.

LA TRÉMOILLE, badinant, avec un mauvais sourire.

Peut-être un brave anglais nous en délivrera.

Ils s'éloignent en causant, vers le fond de la salle.

DUNOIS.

Quel pouvoir surhumain bénit nos entreprises!
Que de forts enlevés, que de villes surprises!

SAINTRAILLES.

Je vois encore fuir tous ces Anglais tremblants,
En désordre, levant le siége d'Orléans,
Quand nous les regardions du haut de ses murailles.

Digitized by Google

LA HIRE.

Et Patai. Beaugency, Jargeau, tant de batailles!.

DUNOIS.

Partout où l'ennemi nous imposait sa loi,
Le nom de Jeanne d'Arc porte aujourd'hui l'effroi.

LA HIRE.

Et tout ce qui l'entoure a subi son empire.

DUNOIS, avec gaîté.

Ce galant chevalier est le rude La Hire,
Qui donnait des leçons à son maître et seigneur.
Si Jeanne, par hasard, le gronde, il en a peur.

SAINTRAILLES.

C'est son plus beau triomphe, un si terrible esclave!

LA HIRE.

Le comte de Dunois est-il beaucoup plus brave?

DUNOIS.

Et lui que j'entendais se vanter autrefois
« D'aimer tout bon soldat, Jeanne d'Arc ou Dunois »
Il ne m'accordera jamais la préférence,
S'il est entre nos plans un peu de dissidence.

SAINTRAILLES.

Naguère, il ne pouvait prononcer quelques mots,
Sans gronder, maugréer, sans cesse, à tout propos;
Il s'amende si bien que tout juron le blesse.

LA HIRE, souriant.

Oh! Jeanne prend pitié de l'humaine faiblesse.

JEANNE.

Oui, pour ne point de Dieu profaner le saint nom,
Je permets de jurer....

DUNOIS.

Comment?

LA HIRE.

Par mon bâton.

Digitized by Google

DUNOIS.

Miracle encore plus grand ! Ce soldat incrédule,
Qui trop souvent, jadis, blasphémait sans scrupule,
Il prie, et, ce matin, je le vis prosterné.

SAINTRAILLES.

D'un si grand changement j'ai lieu d'être étonné,
Et comment s'y prend-il, pourrait-on nous le dire ?

LA HIRE.

Oui ; je dis seulement : « Seigneur, fais pour La Hire,
» Autant que tu voudrais que je fisse pour toi,
» Si j'étais le Seigneur et que tu fusses moi ! »

Tous rient.

SCÈNE TROISIÈME

LES MÊMES, CHARLES VII. (1)

CHARLES.

Vous riez, messeigneurs.

DUNOIS.

Après des jours de larmes,
De l'heureuse fortune on goûte mieux les charmes ;
Lorsqu'une affreuse angoisse a serré notre cœur,
Nous apprécions mieux le retour du bonheur.
Et, pour qu'il fût plus doux et plus cher à notre âme,
Il fallait qu'il nous vînt de la main d'une femme !

JEANNE.

Dieu fit tout, et, sans lui, mon bras est désarmé.

---

(1) Pendant cette scène, La Trémoille, Duchâtel, La Hire et Saintrailles, qui ne s'y mêlent pas, semblent débattre, à l'écart et à voix basse, une question qui les met en désaccord.

Digitized by Google

CHARLES.

Toi, bon ange sauveur de mon pays aimé,
Je voudrais, à mon tour, pouvoir te rendre heureuse.
Parle, de quelque bien n'es-tu pas désireuse?
Veux-tu quelque trésor qui soit en mon pouvoir?
Ne nous rendis-tu pas le trésor de l'espoir?

JEANNE.

Mes joyaux sont un casque, une armure, une épée!

CHARLES.

Ma bonne volonté, je le vois, s'est trompée;
Il est de ces bienfaits que l'or ne peut payer.

Après un moment de silence.

Mais, lorsque cessera le temps de guerroyer,
Quand renaîtront des jours d'une splendeur plus pure,
Jeanne, ici tu viendras déposer ton armure.
Je veux qu'un noble époux fasse alors ton bonheur.
Est-il un chevalier digne de ton grand cœur?

JEANNE.

Ne suis-je pas à Dieu?

CHARLES.

Dieu permet l'espérance
De vivre tout entière en une autre existence.
Pour qui connaît ce bien, d'autres biens n'ont nul prix,
Si tu l'as dédaigné, tu ne l'as pas compris.

JEANNE.

J'aime entendre la voix du Seigneur qui m'entraîne;
De mon peuple abattu j'aime à rompre la chaîne,
A lui rendre la vie, à réchauffer son cœur,
A le faire puissant, à le faire vainqueur!
J'aime le bruit du fer et le choc des batailles.
J'aime à voir des Anglais s'écrouler les murailles.
J'aime à voir reculer et fuir de toutes parts,
Devant mon saint drapeau, leurs bataillons épars!

DUNOIS.

Ton cœur ne connaît donc nul amour de la terre?

Digitized by Google

JEANNE.

Oh ! ne le croyez pas ! J'aime ma bonne mère !
Mon père, le village et le petit ruisseau,
Où mes frères allaient abreuver leur troupeau !
J'aime le hêtre antique, où, par joyeuses bandes,
Les filles en dansant suspendaient des guirlandes ;
Et l'autel de Marie, orné de fraîches fleurs,
Quand chaque soir de mai retentissaient nos chœurs.
O mon pauvre pays ! vallons, incultes plaines,
Vieille église en débris, vaste forêt de chênes,
Pleine de la présence et de la voix de Dieu,
Domrémy, pour jamais vous ai-je dit adieu ?

CHARLES.

Quoi ! des regrets, ici, dans ce jour de liesse,
Lorsque tout bon Français te doit son allégresse !

JEANNE.

J'ai tort. Songeons à vous en ces heureux instants.
Après un silence.
Ne comptez pas sur moi ; je vivrai peu de temps.
Jurez-moi de n'avoir qu'une seule pensée,
Cher sire : d'achever mon œuvre commencée !

CHARLES.

Je le jure !... Mais rien ne menace tes jours...

JEANNE.

Pour ma mémoire, aimez le bon peuple !

CHARLES.

Toujours !

JEANNE.

Merci !

LA TRÉMOILLE.

Sire, il est tard ; venez, je vous en prie ;
Venez vous préparer pour la cérémonie.

Tous sortent, excepté La Hire et Jeanne, qui, le voyant demeurer d'un air de mauvaise humeur, revient sur ses pas au moment de sortir.

Digitized by Google

SCÈNE QUATRIÈME

LA HIRE, JEANNE.

JEANNE.

Qu'avez-vous, mon ami ?

LA HIRE.

Dans le sacre du roi,
Tous ces vils favoris vont marcher avant moi ;
Car ils sont, paraît-il, de meilleure noblesse,
Par la mor...

JEANNE, l'interrompant vivement.

Cher La Hire, eh quoi, votre promesse ?

LA HIRE.

Pardonnez !

JEANNE.

Je ne veux point de mauvaise humeur !
Nous allons dire au roi : « Consultez votre cœur !
» La Hire qu'anoblit votre reconnaissance,
» La Hire a-t-il besoin d'une illustre naissance ?
» Pour défendre son roi, qui marche au premier rang
» Est toujours, quel qu'il soit, d'un assez noble sang.
» Et lorsque vient le jour d'en recueillir la gloire,
» Lui faut-il des ayeux dont ait parlé l'histoire ?
» Devra-t-il rechercher dans un lointain passé
» Quelque nom de héros par le sien effacé ? »
Si je n'emporte pas de victoire complète
Ne vous courroucez point ! En d'autres jours de fête,
Quand il faudra marcher, s'exposer aux combats,
La Trémoille toujours vous cèdera le pas !

LA HIRE.

Oui ! oui les favoris resteront en arrière !

Jeanne sort

Digitized by Google

SCÈNE CINQUIÈME

LA HIRE, puis ISABELLE et DURAND-LAXART.

LA HIRE.

Elle parle, et je sens s'éteindre ma colère !
Et je n'ose gronder si Jeanne le défend !
La Hire, je le vois, tu n'es qu'un vieil enfant !
Il se retourne et aperçoit Isabelle saluant avec une gaucherie villageoise.
Qui cherchez-vous ici ?

ISABELLE.

Messire, c'est ma fille,
Jeanne, qui pour combattre a quitté sa famille,
Jeanne d'Arc, dites donc, la connaîtriez-vous ?

LA HIRE.

Sang Dieu ! je le crois bien ! c'est notre chef à tous !
Notre sauveur, que dis-je. Et vous êtes sa mère ?
Eh bien, foi de soldat, vous pouvez être fière !

ISABELLE.

C'est donc vrai, doux Jésus !... Je crois rêver encor,
Quand je vois clercs, guerriers ou seigneurs couverts d'or,
Tous ceux que le hasard place sur mon passage,
Me tenir en tous lieux un semblable langage !
Lorsque chaque passant découvert devant moi,
Répète : Oui, sa fille a bien servi le roi !
Quoi ! pendant si longtemps chaque jour je l'ai vue ;
Sans pouvoir deviner cette force inconnue !
Peut-être que de peur de nous humilier,
Ma fille auprès de nous cherchait à l'oublier.
Nul n'a su que du ciel elle était éclairée...
Mais elle fut chérie avant d'être admirée !

LA HIRE.

Tel que vous me voyez, moi, vieux routier fougueux,
Je ne puis qu'obéir quand elle a dit : « Je veux ! »

Digitized by Google

ISABELLE.

Messire, pardonnez à mon impatience;
J'ai déjà tant souffert de sa cruelle absence!
A qui pour l'avertir devrai-je m'adresser?
Sa mère est si près d'elle, et ne peut l'embrasser!

LA HIRE, avec bonhomie.

Asseyez-vous donc, mère, et je vais le lui dire.

Il sort

SCÈNE SIXIÈME

ISABELLE, DURAND-LAXART.

ISABELLE.

Quel est ce bon seigneur?

DURAND.

C'est le brave La Hire.

ISABELLE.

Dieu du ciel! es-tu sûr?

DURAND.

Oui; car je fus soldat,
Et le vis autrefois nous mener au combat.

ISABELLE.

Le frère Pasquerel, souvent, à la veillée,
Nous a dit ses exploits.... Suis-je bien éveillée?
C'est donc lui qui s'en va d'ici pour me servir!
Il dit aussi qu'à Jeanne il lui faut obéir!
Le comte de Dunois obéit-il de même?

DURAND.

Je le crois; on prétend que, sans le dire, il l'aime.

Digitized by Google

ISABELLE.

Qui donc ?

DURAND.

Jeanne.

ISABELLE.

Es-tu fou ?

DURAND.

Non.

ISABELLE.

Le cousin du roi !
Qui peut te l'avoir dit ?... Te moques-tu de moi ?

DURAND.

Un soldat, près de l'huis portant sa hallebarde,
M'a dit là-bas ; « Je vois comment il la regarde ! »

ISABELLE, pensive.

Ce serait un malheur !

DURAND.

Va, mère, ne crains rien ;
De ce côté du moins... Nous la connaissons bien.
D'ailleurs, ce ne peut-être un amour ordinaire
Qu'inspire cette enfant que le Seigneur éclaire.
Nul de songer à mal n'a même le pouvoir,
Et pour la respecter ils n'ont tous qu'à la voir.
Mais sais-tu le danger ? Quand elle est plus que reine,
Quelques mauvais français l'ont déjà prise en haine ;
De sa gloire, dit-on, bien des grands sont jaloux...

ISABELLE, sans l'entendre.

C'est elle ! je la vois qui tend les bras vers nous !...

Digitized by Google

SCÈNE SEPTIÈME

JEANNE, ISABELLE, DURAND

JEANNE.

Dieu !...

ISABELLE.

Laisse-moi te voir, tais-toi !... Quoi, c'est ma fille,
Avec ce chaperon et ce collier qui brille !
Avec cet air de reine, en ce riche palais !
C'est ma fille, qui vient de battre les Anglais !
Le bonheur du foyer, mon sang, mon espérance,
Elle, que je berçais, dont je soignais l'enfance,
Qui près de moi filait, ou priait le Seigneur,
Ils l'appellent ici leur appui, leur Sauveur,
Et partout nul n'entend, ne chérit, ne voit qu'elle...
Viens, embrasse-moi donc ! Oh que ma Jeanne est belle !

JEANNE, tendant la main à son oncle et se retournant vers sa mère.

Le bon oncle Durand est-il donc pardonné ?

ISABELLE.

Oh ! de tout cœur ! Le ciel vous l'avait ordonné.
Nous avons eu pour lui d'abord quelque injustice...
Mais que la volonté de mon Dieu s'accomplisse !

JEANNE.

Que votre doux baiser, mère, m'a fait de bien !...
Et mon oncle chéri ne me dira donc rien ?

DURAND.

Enfant ! Mon cœur est plein... et je ne sais que dire ?

ISABELLE.

Sieds-toi donc près de moi, voyons, que je t'admire.
C'est bien toi... cependant, c'est encor mieux que toi !
Lorsque tu travaillais tout le jour près de moi,
Tu n'étais pas encore et si noble et si fière !...
Mais comment sais-tu donc diriger une guerre ?

Digitized by Google

Ta mère ne t'apprit qu'à coudre et qu'à filer.
Quand tu vois devant toi ces Anglais s'ébranler,
Au lieu de fuir loin d'eux, comme une pauvre femme,
On m'a dit que toi c'est qui portes l'oriflamme !
Ce bon seigneur La Hire, il t'estime aujoud'hui
Un soldat, un héros bien au-dessus de lui !
Oui, celle qui partout et commande et s'élève,
C'est ma petite Jeanne... ô Dieu puissant, quel rêve !

JEANNE.

Ne parlez pas de moi ; ne causons que de vous.
Si vous saviez combien un tel instant m'est doux !

DURAND.

Oh ! va, ton oncle aussi depuis longtemps l'espère.

JEANNE, à sa mère.

De grâce, dites-moi, que devient mon bon père ?

ISABELLE.

Ah ! s'il n'était infirme, il viendrait jusqu'ici.
Le cher homme ! de Jeanne il est bien fier aussi.
Lorsqu'on dit : « C'est un ange, et le ciel nous l'envoie,
Pour sauver le pays... » Il tressaille de joie !
Mais bien souvent aussi fatigué de souffrir,
Il dit : « Sans la revoir me faudra-t-il mourir ?
» Ne viendra-t-elle plus dans notre humble demeure ? »
Et puis, songeant à toi, ma pauvre fille, il pleure !

JEANNE.

Mon père, est-il possible ?

DURAND.

Oui, sans l'enfant qu'il perd,
Son pauvre toit hélas, lui semble bien désert.

JEANNE.

Dieu le veut ! respectons ses desseins que j'ignore.

ISABELLE.

Aux champs, au bois Chesnu, nous te cherchons encore

Digitized by Google

Quand tu portes au loin ton drapeau triomphant!
Souvent, sans y songer, j'appelle mon enfant;
Car de te voir j'avais une douce habitude.
Et maintenant, le cœur rongé d'inquiétude,
Fière de ta grandeur, mais tremblant pour tes jours,
Je suis heureuse mère... et je pleure toujours!

JEANNE.

O Ciel, dois-je bénir le succès de mes armes,
Lorsqu'à ma bonne mère il coûte tant de larmes?

ISABELLE.

Chaque jour je me dis : « C'est en vain que ce soir
» J'appellerai Jeannette, et lui dirai bonsoir. »
Je pense aussi : « Là-bas, ma fille est à combattre,
Tandis que tristement assise devant l'âtre,
Je file toute seule en ma pauvre maison! »

DURAND, à demi-voix à Jeanne.

Tu ne crains pas la mort?

JEANNE.

Non!... mais la trahison!

DURAND, lui saisissant douloureusement la main.

Ah! je retrouve en toi la sinistre pensée,
Dont je me sens, hélas, souvent l'âme oppressée!
Pauvre enfant!...

ISABELLE.

Que dit-il?

JEANNE, souriant.

Rien... rien, mère Isabeau!...
D'une voix câline.
Vous redire ce nom m'est un plaisir nouveau.
Père, vous souvient-il, quand il était en joie
Vous le donnait aussi.

DURAND, à part.

Elle serait leur proie!
Et quel courage!

Digitized by Google

JEANNE.

Ici, ce doux nom m'est gâté
Par la reine...

ISABELLE.

Jeannette, ah! j'aime ta gaîté!

DURAND, à part.

A tout plaisir se mêle une pensée amère!

SCÈNE HUITIÈME

LES MÊMES, LA HIRE.

LA HIRE.

Jeanne, Charles VII veut recevoir votre mère,
Et qu'en ce jour auguste assise, au premier rang,
Elle se place auprès des princes de son sang.

ISABELLE.

Quoi, je vais voir le roi, bien vrai, seigneur La Hire?
Il me fait appeler... que pourrai-je lui dire?
Je tremble, doux Jésus... quoi donc! parler au roi!

LA HIRE.

Venez, ma bonne mère, appuyez-vous sur moi.

SCÈNE NEUVIÈME

La place de la cathédrale. L'église, au fond, est ornée de draperies, de festons de verdure et de bannières armoriées. Toutes les maisons sont pavoisées. Sur le devant, à droite, un trône de velours bleu semé de fleurs de lys d'or, et des gradins de chaque côté, pour les dignitaires de l'État. Une foule immense s'agite de tous côtés, excepté dans le passage de l'église au trône, maintenu libre par deux haies d'archers.

On entend les sons lointains de l'orgue, se mêlant au chant des prêtres, dans l'intérieur de l'église. Puis, on en voit sortir le cortége du sacre. Des enfants de chœur

Digitized by Google

le précèdent, en portant des encensoirs et des cierges. Viennent ensuite les prêtres, L'ARCHEVÊQUE, *sous un dais de drap d'or.* CHARLES VII, *revêtu du manteau royal et le front ceint de la couronne;* JEANNE, *armée, et portant sa bannière;* DUNOIS, DUCHATEL, LA TRÉMOILLE, LA HIRE, SAINTRAILLES, *seigneurs, chefs de guerre, dames de la cour,* ISABELLE, DURAND, etc.

PSAUME, chanté en chœur.

Le Seigneur est ma lumière,
Quel danger peut me troubler?
Dieu me défend et m'éclaire
Qui peut me faire trembler?
Comme un noir torrent qui roule,
Quand mes ennemis en foule,
Débordent de toutes parts,
J'avance, et vers Dieu je crie:
Et soudain je vois l'impie,
Foudroyé par ses regards!

Celui qui veille sans cesse
Sur le pauvre et l'innocent,
A protégé ma faiblesse,
Alors que j'étais enfant.
Puis il éleva ma tête,
Pour conjurer la tempête
Qu'amassent mes ennemis;
Mes ennemis sont sa proie,
Et mes cantiques de joie
Seuls répondent à leurs cris!

Seigneur, ma voix vous appelle!
Seigneur vers vous j'ai crié;
De votre soldat fidèle,
O Seigneur, prenez pitié!
Cette grandeur éphémère
Dont je brille sur la terre,
Ne suffit point à mon cœur.
C'est vous que ce cœur réclame;
Du désir l'aile de flamme,
Fuit vers un monde meilleur.

Digitized by Google

Toute la cour et les chefs de guerre ont pris place sur les gradins. L'archevêque de Reims conduit Charles au trône et le montre au peuple.

L'ARCHEVÊQUE.

Dieu protége la France ! En la divine enceinte,
Le fils de saint Louis a reçu l'huile sainte !
Inclinons notre front et rendons grâce au ciel :
Peuple, voici ton roi !

LE PEUPLE.

Noël !... Noël !... Noël !...

UNE VOIX.

Honneur à Charles VII !

UNE AUTRE VOIX.

Gloire à sa protectrice !

DUNOIS.

Oui ! vive Jeanne d'Arc, notre libératrice !

CHARLES.

Mon bon peuple, merci de vos preuves d'amour !
Se tournant vers Jeanne.
Et devant mon sauveur je m'incline à mon tour.
Mon Dieu, punissez-moi, si jamais je l'oublie !

JEANNE, vivement émue se prosternant aux pieds de Charles

Sire, ma mission est maintenant remplie ;
Orléans est sauvée et vous êtes sacré !...

CHARLES.

Et par toi mon triomphe est enfin assuré !
Avec solennité.
Au nom de ce secours envoyé par Dieu même ;
De la main qui me rend l'antique diadême
Et me place aujourd'hui sur le trône des lys
Au nom de tes exploits, Jeanne, je t'anoblis !
Il la touche de son épée.
Afin que nos neveux en conservent mémoire,
Tes armes porteront, pour rappeler ta gloire,
Entre trois fleurs de lys, un glaive en champ d'azur.

Digitized by Google

DUNOIS.

Quel bras est plus illustre, et quel cœur est plus pur
Sire, vous êtes juste ! et c'est pour la patrie,
Pour les Français sauvés que je vous remercie !

GENS DU PEUPLE.

Vive Jeanne !

AUTRES.

Et le roi !

AUTRES ENCORE.

Merci !

JEANNE.

D'un tel honneur,
Sire, je vous rends grâce, et c'est du fond du cœur !...

Après un moment de silence.

Pourtant, accordez-nous encore davantage.....
Laissez-moi retourner dans mon pauvre village !

DURAND, à demi-voix.

Qu'entends-je !

ISABELLE.

Mon enfant !

DUNOIS.

Ah ! grand Dieu !

CHARLES.

Toi, partir !
Non, Jeanne, non jamais ! je n'y puis consentir.

JEANNE.

Sire.....

CHARLES.

Non ; voudrais-tu voir succomber la France ?
Bon ange, ta venue y rendit l'espérance !

SAINTRAILLES.

Ton départ porterait malheur à nos drapeaux.

LA HIRE.

L'Anglais combat encor ; tu cherches le repos !

Digitized by Google

DUNOIS.

Noble Jeanne, qui donc saisirait ta bannière ?
De tes preux dévoués n'étais-tu donc pas fière ?

JEANNE.

Je l'étais !... Je le suis !... Mais le divin secours
Doit-il, comme autrefois, m'accompagner toujours ?...
O gentil roi ! daignez exaucer ma prière !
Par pitié ! Rendez-moi Domrémy, ma chaumière,
Mes troupeaux, mon vieux hêtre et ceux que j'aime tant !
Voyez, ma mère pleure..... et mon père m'attend !

CHARLES.

Non ! Peux-tu sans regret déposer ton armure ?

JEANNE.

Sire, vous le voulez ; j'obéis sans murmure.

CHARLES.

D'autres miracles, Jeanne, auront bientôt prouvé
Le pouvoir de ce bras qui m'a déjà sauvé ;
Car le Seigneur, crois-moi, te protége et te guide.

JEANNE.

Moins sûre du succès, mais non moins intrépide,
Je puis encor combattre et vous servir, mon roi !
Triomphez... et qu'après Dieu dispose de moi !

Digitized by Google

CINQUIÈME ÉPOQUE

ROUEN.

Intérieur de la prison de Jeanne

SCÈNE PREMIÈRE

UN GARDIEN *desservant le modeste repas de la prisonnière*; JEANNE, *les mains enchaînées, regardant par une petite fenêtre grillée de la tour.*

LE GARDIEN, à part, la regardant du coin de l'œil.

On dirait, sur ma foi, que la sorcière pleure.

JEANNE, à elle-même et rêvant.

A travers les barreaux de ma sombre demeure,
Je vois Rouen..... et puis la campagne, les bois.....
Tout courbé sous le faix, ce pauvre villageois
Y jouit d'un bonheur que lui-même il ignore,
Faible, obscur, dédaigné, mais, du moins, libre encore!

LE GARDIEN.

Jeanne!

JEANNE, sans l'entendre.

Et moi, chef de guerre, espoir de mon pays,
Tous mes vœux sont déçus, tous mes desseins trahis!
Lorsque résonne au loin le clairon des batailles,
Je sens peser sur moi ces étroites murailles!...

LE GARDIEN, marchant vers elle.

Hier, dans la taverne où j'étais attablé,
Un messager secret de Dunois m'a parlé.

JEANNE, tressaillant et quittant la fenêtre.

O Jésus!

Digitized by Google

LE GARDIEN.

« Vous voyez, dit-il, la prisonnière ?
» Voulez-vous la servir ?... » Puis, d'un air de mystère,
Il tira ce papier, caché dans son pourpoint.

JEANNE, cherchant vainement sur elle quelque objet à offrir.

Brave homme !... je voudrais.

LE GARDIEN.

Ne vous tourmentez point.

JEANNE.

Ah ! que n'ai-je un peu d'or !

LE GARDIEN, riant d'un air cynique et faisant sonner en l'air une large bourse.

D'une escarcelle pleine,
S'il n'avait largement déjà payé ma peine,
La belle, aurais-je donc risqué d'être pendu ?

JEANNE, à part, avec amertume.

Je le croyais fidèle, il n'était que vendu !

Le gardien sort, en faisant crier les verrous derrière lui.

SCÈNE DEUXIÈME

JEANNE, seule, pensive, tournant et retournant le message entre ses doigts.

La lettre de Dunois !...

Elle l'ouvre.

Quels projets, quels mystères,
Contiennent ces nombreux et savants caractères ?
Hélas ! moi, pauvre fille ignorante et sans art,
En vain mon œil sur eux se promène au hasard !
Est-ce un adieu funèbre ? Est-ce un cri d'espérance ?...
O ciel ! pendant un an j'ai remué la France,
De nos fiers ennemis abattu les remparts,
Rendu l'espoir au peuple, et, sous mes étendards,

Digitized by Google

Rallié ces soldats que mon esprit inspire ;
J'ai sauvé mon pays et je ne sais pas lire !
Ce que tout humble clerc ferait en se jouant,
Jeanne d'Arc ne le peut quand sa vie en dépend !...

Qui peut lire ?... Isambard ? Mais doit il reparaître ?
Nicolas l'Oyseleur ?... Non, je connais le traître.
Ce garde, corrompu par l'or du messager ?...
Ah ! s'il vendait aussi ces mots à l'étranger !
Pourtant, quel autre espoir me reste-t-il encore ?
Des ennemis partout !

Tombant à genoux.

Seigneur, je vous implore !
O vous qui me parlez et veillez sur mes jours,
De vous seul, Dieu puissant, j'attends quelque secours :
Comment il me viendra, je ne sais le comprendre ;
Mais du ciel cependant ce secours peut descendre !
O Dieu, m'exaucez-vous ?... des pas... j'entends des pas !...

SCÈNE TROISIÈME

JEANNE, FRÈRE PASQUEREL, *la figure cachée sous un capuchon* ; LE GARDIEN

LE GARDIEN.

Entrez donc ; je viendrai, bon frère Nicolas,
Comme avant hier matin, vous rouvrir dans une heure.

Il sort.

JEANNE, toujours à genoux, sans se détourner, cache la lettre dans son sein

L'espion !... qui vient voir si je faiblis ou pleure !

PASQUEREL, rejetant le capuchon qui lui couvre le visage.

Eh quoi, ma sainte fille, en cet état !...

JEANNE, tressaillant au son de sa voix, se relève vivement

O ciel !
Je ne me trompe pas... c'est frère Pasquerel !
Par quel miracle ?...

Digitized by Google

PASQUEREL.

Hélas ! J'eus recours à la ruse ;
Mais mon zèle pour vous n'est-il pas mon excuse ?
Nicolas l'Oyseleur vous visite souvent...
Habillé comme lui, j'arrivai hardiment,
La cape sur les yeux ; ils croient que c'est lui-même.

JEANNE.

Merci d'avoir trouvé ce pieux stratagème.
Mais savez-vous quel est Nicolas l'Oyseleur ?

PASQUEREL.

C'est un bien savant clerc.

JEANNE.

C'est un lâche imposteur.
Il me trahit !

PASQUEREL.

Eh quoi, Jeanne...

JEANNE.

Partout vendue,
Mon père, vous voyez que je suis bien perdue !...
Mais qui sait ? non ! peut-être il me vient un appui !
Au pays, à l'armée, ici même, aujourd'hui,
Toujours je vous retrouve, ô mon père !

PASQUEREL.

Oui, courage !

JEANNE.

Vous, qu'on nommait là-bas le savant, au village,
Lorsqu'en vos livres peints vous nous lisiez parfois ;
Père, vous me lirez la lettre de Dunois !

PASQUEREL, avec surprise.

Dunois ?...

Jeanne lui remet la lettre, lui faisant, avec empressement, signe de se hâter.

PASQUEREL, lisant.

« Pour vous sauver, ô ma sainte héroïne,
» Un corps nombreux déjà vers Rouen s'achemine.

Digitized by Google

» Un autre dans Beauvais devra se joindre à nous,
» Et je me fais honneur de les commander tous.
» Mais pour me présenter sous vos fortes murailles,
» J'attends encore La Hire, Alençon et Saintrailles.
» Essayez s'il se peut de gagner quelques jours. »

JEANNE.

O mes braves !

PASQUEREL.

Dunois apporte du secours !

JEANNE réfléchit, puis soupire.

Ne viendra-t-il trop tard, s'il réunit l'armée ?

PASQUEREL.

Eh quoi, de tous vos preux n'êtes-vous pas aimée ?
Ils voudront se hâter, ces fidèles amis !

JEANNE.

La hâte est plus facile encore aux ennemis.

PASQUEREL.

Ne les bravez pas trop ; usez de patience ;
Il faut du temps...

JEANNE.

Parfois déborde ma souffrance !..
A Compiègne, abandon d'indignes compagnons ;
Puis, le marché plus vil encor des Bourguignons...

PASQUEREL.

Philippe, votre espoir, n'est-il qu'un misérable ?

JEANNE.

De cette lâcheté, non, il n'est pas coupable.
Lorsque Bedford voulut me tenir de sa main,
Il ne lui répondit que par un froid dédain :
Mais Jean de Luxembourg me vendit. De sa honte,
Quelque jour, le vassal au seigneur rendra compte.
Puis ici, cet évêque !... Oui, les gens de Beauvais,
A ma voix l'ont chassé pour demeurer Français,

Digitized by Google

Pouvons-nous espérer que jamais il pardonne ?
Ou compter sur Bedford, que ne fléchit personne ?

PASQUEREL.

Détournons notre esprit de ces tristes sujets.
Dieu veuille de Dunois seconder les projets !
Oh ! quel rayon soudain dans ce noir cachot brille !

JEANNE.

Et je n'ose espérer, cependant, pauvre fille !

PASQUEREL.

Mais votre vieil ami, pourtant, espère bien.

JEANNE.

Quelque chose me dit de ne compter sur rien.

PASQUEREL.

Un hardi coup de main peut rompre votre chaîne.

JEANNE.

En une heure, l'Anglais peut assouvir sa haine.

PASQUEREL, comme saisi par une impression douloureuse, garde un instant le silence; puis reprend, la faisant asseoir sur un escabeau près de lui.

Venez, enfant ; votre âme a besoin de repos.
Mes compagnons ont-ils un remède à vos maux ?

Il tire deux livres de dessous sa robe.

JEANNE.

Des livres....

PASQUEREL.

Faits par ceux qu'un esprit saint anime :
Les Psaumes de David ; et l'ouvrage sublime
Qu'on croit de Jean Gerson, le plus grand des docteurs.

JEANNE.

David !... guerrier prophète, apaise mes douleurs !

Elle ouvre le livre au hasard et le rend à Pasquerel.

PASQUEREL, lisant.

« Aux champs Assyriens où nous étions esclaves,
Un beau fleuve roulait ses flots libres d'entraves ;

Digitized by Google

Il fuyait !... et des fers nous courbaient sous leur poids.
Aux saules qui bordaient ses rives verdoyantes,
Nous avons suspendu nos harpes gémissantes ;
Et nous étions sans voix.

Ceux qui nous emmenaient captifs à Babylone
Disaient : Aux vains regrets faut-il qu'on s'abandonne ?
Et, se sentant joyeux, ils répétaient : « Chantez !
» Chantez, fils d'Israël, l'un de ces beaux cantiques,
» Qui faisaient autrefois retentir les portiques
» De vos parvis sacrés. »

Hélas ! comment chanter sur la terre étrangère !...

JEANNE.

Assez ! ce triste chant rappelle ma misère !
Eux aussi, comme moi pleuraient leur liberté !...
Montrant l'autre livre.
Que de ce saint docteur la douce piété
Écarte de mon cœur ces images funèbres !
Elle prend le livre et le donne à Frère Pasquerel.

PASQUEREL, l'ouvre.

Oui.
Lisant.
» Celui qui me suit n'est point dans les ténèbres,
» A dit Notre-Seigneur, »

JEANNE, se levant avec enthousiasme.

Quand je suivais ses pas,
La lumière divine éclairait mes soldats !

PASQUEREL.

« Ainsi parle Jésus, afin qu'il nous souvienne
» De conformer toujours notre vie à la sienne. »

JEANNE.

Jésus !... Aussi trahie, hélas, j'attends ma croix !
Triste jusqu'à la mort !... je pardonne... et je crois !
O mon Dieu, détournez de moi l'amer calice !...
Mais si vous l'ordonnez, je fais mon sacrifice !...

Digitized by Google

Après un moment de silence.

Du bruit ! J'entends grincer les clefs et les verrous..
Il vous adviendrait mal, mon père, couvrez-vous !

Frère Pasquerel abaisse vivement son capuchon sur les yeux.

SCÈNE QUATRIÈME

LES MÊMES, LE GARDIEN.

LE GARDIEN, avec précipitation.

L'évêque de Beauvais, et des lords d'Angleterre...
Moi, je viens d'éclaircir un dangereux mystère,
On me ferait payer un peu cher mon erreur ;
Frère, vous n'êtes pas Nicolas l'Oyseleur.

JEANNE, à demi-voix.

Dieu !

LE GARDIEN.

Je l'ai vu passer là-bas, sous ma fenêtre.
Si l'un de ces seigneurs vient à vous reconnaître,
Je suis perdu. Montez avec Jeanne au préau,
Elle y va tous les jours, lorsque le ciel est beau ;
Pour les gardes, rien donc qui doive les surprendre ;
Par un autre escalier je vous ferai descendre.
Fuyez ! Il n'est pas bon, ici, de s'égarer.

Jeanne et Pasquerel sortent précipitamment par la porte de côté, que leur ouvre le gardien. Puis, celui-ci va vers celle du fond.

LE GARDIEN, parlant au-dehors.

Par ici, messeigneurs, si vous voulez entrer.

SCÈNE CINQUIÈME

BEDFORD, SUFFOLK, L'ÉVÊQUE DE BEAUVAIS, LE GARDIEN.

SUFFOLK, à part, promenant les yeux autour de lui.

C'est là qu'ils ont jeté la guerrière captive !

Digitized by Google

BEDFORD.

Par ces étroits barreaux, peu de jour nous arrive.....
Mais, je ne vois pas Jeanne en ce cachot obscur.

LE GARDIEN.

Jeanne sur le préau respire un air plus pur.

BEDFORD.

Quelle imprudence!

LE GARDIEN.

Non; de gardes entourée,
Elle ne saurait fuir.

BEDFORD.

Eh! moins désespérée,
Elle osa se jeter des tours de Beaurevoir.
Amenez-la, céans; nous voulons la revoir.

Le gardien sort.

L'ÉVÊQUE.

Dans une cage en fer, on l'avait enfermée.
Elle y semblait mourante et presqu'inanimée.
Pour faire un grand exemple, en dressant le bûcher,
D'inutiles rigueurs on dut se relâcher;
Et Jeanne d'Arc, à peine, entre en convalescence.

BEDFORD.

Bien; alors, gardez-lui quelques jours d'existence,
Ou de tant de labeurs je perdrais tout le fruit.

SUFFOLK.

Eh quoi! toujours Bedford sans pitié la poursuit;
Prisonnière, doit-elle être honnie, insultée?

BEDFORD.

A Jean de Luxembourg l'ai-je en vain achetée?

SUFFOLK.

On ne la conduit plus jusqu'au tribunal?

L'ÉVÊQUE.

Non.

Digitized by Google

BEDFORD.

Les juges les plus sûrs viennent, dans la prison,
Écouter ses aveux, pour rendre avec prudence,
Aux autres assesseurs, compte de l'audience?

L'ÉVÊQUE.

Oui, prince; voici l'heure; ils vont venir ici.

BEDFORD.

Et la croit-on sorcière?

L'ÉVÊQUE, avec hésitation.

Ah!...

BEDFORD.

Je le veux ainsi.

SUFFOLK.

Autrefois, vous pensiez que j'étais trop crédule,
Et vous avez raillé ma crainte ridicule.

BEDFORD.

Eh! qui vous dit que Jeanne est coupable pour moi?

SUFFOLK.

La savoir innocente, et mentir à sa foi
Pour la frapper vaincue, oh! n'est-ce pas un crime?

BEDFORD.

A qui sert son pays tout devient légitime.
Se tournant vers l'évêque.
De sa bouche un aveu n'est jamais échappé?
Vous n'obtenez donc rien, et l'on m'avait trompé?

L'ÉVÊQUE.

Monseigneur, c'est en vain qu'on cherche à la surprendre,
Il semble qu'un esprit soit là pour la défendre.
Pourtant son ignorance un jour la trahira,
Et le bûcher bientôt nous en délivrera!

BEDFORD.

Que m'importe sa mort quand il me faut sa perte?
Jamais de la flétrir l'heure ne s'est offerte!

Digitized by Google

La défaillance enfin ne la surprend jamais ?
Il faut que l'enfer seul ait vaincu les Anglais.

SUFFOLK, à Bedford, montrant l'évêque.

Ainsi vous partagez la fureur qui l'entraîne ?

BEDFORD.

Non ; un homme d'État n'a ni pitié ni haine.

SUFFOLK.

Oh ! vous n'avez ici nul besoin d'un soldat,
Car moi je ne connais d'ennemis qu'au combat.
Adieu.

BEDFORD.

Milord Suffolk est prompt à la colère
Mais il se trompe fort cependant, s'il espère
Soumettre le régent à son autorité.

SCÈNE QUATRIÈME

BEDFORD, L'ÉVÊQUE, JEAN FABRI, FRÈRE ISAMBARD DE LA PIERRE, *plusieurs assesseurs au procès de Jeanne, qui se placent de chaque côté et derrière l'évêque. Deux scribes prennent place à une table.* JEANNE *est introduite par des gardes*

L'ÉVÊQUE, à Jeanne.

Jurez de révéler toute la vérité.

JEANNE.

Le Juge de là-haut est juste, et vous regarde !
Vous vous nommez mon juge ! oh, seigneur, prenez garde !
C'est un bien lourd fardeau que vous vous imposez.

L'ÉVÊQUE.

Quoi, fille du démon, c'est vous qui m'accusez !
Aux scribes.
Écrivez son refus ; dites que son audace,
Au mensonge impudent ajoute la menace.

Digitized by Google

JEANNE.

Vous osez vous nommer mon juge, monseigneur,
Et vous ne me laissez pas même un défenseur!
Devant moi, seule ici, sans appui, sans refuge,
Je vois des ennemis, je ne vois pas un juge!

L'ÉVÊQUE, furieux.

Jurez de révéler toute la vérité!

JEANNE.

Pourquoi cette colère et ce front irrité?
Je ne cacherai rien, non, rien pour me défendre;
Mais les secrets du roi, nul ne doit les entendre.
Ils sont bien au-dessus de vos livres de lois
Les avis que me donne une céleste voix.

L'ÉVÊQUE.

L'entendez-vous toujours?

JEANNE.

Je serais déjà morte
Si je n'entendais plus la voix qui me conforte.

L'ÉVÊQUE.

Elle vous donne encor quelque conseil trompeur.

JEANNE.

Elle dit chaque jour de répondre sans peur.

L'ÉVÊQUE.

Et sur votre avenir vous a-t-elle éclairée?

JEANNE.

Elle dit que bientôt je serai délivrée...
Mais j'ignore si c'est sur terre ou dans les cieux.

L'ÉVÊQUE.

Comment?

JEANNE.

Une victoire accomplira tes vœux...
Prends courage, supporte et bénis ton martyre....
Mais de mon sort la voix n'a pas daigné m'instruire.

Digitized by Google

L'ÉVÊQUE.

Que peut-elle pour vous ?

JEANNE.

Calmer les maux soufferts ;
Me rendre libre encore ici, malgré vos fers.

BEDFORD.

De cette liberté que fais-tu, fière Jeanne ?

JEANNE.

Lorsque vous me jugez cette voix vous condamne.

L'ÉVÊQUE.

Craignez...

JEANNE.

Non ; Dieu m'entend et me voit en tout lieu.

L'ÉVÊQUE.

Eh ! croyez-vous donc être en la grâce de Dieu ?

JEAN FABRI.

Toute sagesse humaine ici doit se confondre.
Nul accusé ne peut ni ne saurait répondre.

L'ÉVÊQUE.

Silence !

JEAN FABRI.

Non, c'est trop ; ses précédents aveux
Suffisent...

L'ÉVÊQUE.

Taisez-vous,
A Jeanne.
Répondez, je le veux !

JEANNE.

Il ne m'a point appris son jugement suprême ;
En pourriez-vous, seigneur, répondre pour vous-même ?
Mais si je n'y suis pas, Dieu m'y veuille accueillir ;
Si j'y suis, sa bonté m'y daigne maintenir.

L'ÉVÊQUE, ricanant.

Que ne le savez-vous, puisque le Ciel vous parle ?...

Digitized by Google

Avouez que la voix qui fit triompher Charle,
Vous venait de l'Esprit de malice et d'erreur.

JEANNE.

Non ; c'est la voix du Ciel, je le sens en mon cœur !

L'ÉVÊQUE.

Quand chaque jour l'armée était prête à vous suivre,
Pourquoi regardiez-vous un pauvre anneau de cuivre ?
Quel est ce talisman ?

JEANNE.

Un souvenir ami ;
Il me vient de ma mère, il vient de Domrémy !

L'ÉVÊQUE.

Ne nous direz-vous point le charme qu'il recèle ?

JEANNE.

O simple et cher anneau de ma mère Isabelle ;
En marchant au péril, oui, j'aimais à te voir !
Quelle bague magique aurait eu ton pouvoir !

L'ÉVÊQUE.

Les pauvres embrassaient vos vêtements, vos armes ;
Quel don fascinateur...

JEANNE.

Moi ? j'essuyais leurs larmes !

L'ÉVÊQUE.

L'étendard qu'autrefois vous ne quittiez jamais
Et qui fit triompher les armes des Français,
Quel est-il, d'où vient-il ? Pouvez-vous nous le dire ?

JEANNE.

Oui ; je le fis d'après le conseil qui m'inspire.

L'ÉVÊQUE.

Pourquoi fut-il à Reims ?

JEANNE.

Quand il fut au labeur,
Il était juste aussi qu'il partageât l'honneur.

Digitized by Google

L'ÉVÊQUE.

C'est de vous ou de lui que venait la victoire ?

JEANNE.

C'est à Notre Seigneur qu'en appartient la gloire.

L'ÉVÊQUE.

Disiez-vous point . « Partout cet étendard vaincra ? »

JEANNE.

Non ; mais la voix m'a dit : prends-le, Dieu t'aidera !

L'ÉVÊQUE.

Quel pouvoir merveilleux avait cette bannière ?
Pourquoi donc aux soldats était-elle si chère ?

JEANNE.

Suivez-la, leur disais-je, à travers les Anglais !
Et la première, alors, devant eux je marchais !

BEDFORD.

Tu vis beaucoup d'Anglais rouler dans la poussière ?

JEANNE.

Que ne s'en allaient-ils vivre en leur Angleterre ?

BEDFORD.

De ton sexe, oubliant la mission de paix,
Tu répandis le sang, jeune fille !

JEANNE.

Jamais !
Non, jamais dans le sang ma main ne s'est trempée :
Je préférais cent fois l'étendard à l'épée.

BEDFORD.

Qu'importe ? contre nous tu guidais tes soldats.

JEANNE.

Contre l'usurpateur Dieu conduisait mes pas.

BEDFORD.

Oses-tu devant moi...

JEANNE.

Votre puissance est morte.
Ma cause est la plus juste, elle est donc la plus forte !

Digitized by Google

Vous torturez mon corps, mais mon esprit vivant
Après moi conduira mes Français en avant!

Bedford tressaille de colère; mais soudain, maître de lui-même, il reprend une physionomie impassible. Il se fait un moment de silence.

BEDFORD, à l'évêque.

Revenons au procès.

FRÈRE ISAMBARD DE LA PIERRE.

Voici le témoignage
De ceux que l'accusée a connus au village :
Il est en sa faveur, et chacun la défend.
Toute mère eût voulu la nommer son enfant.

Il présente à l'évêque un volumineux cahier de parchemin.

L'ÉVÊQUE, le jetant avec dédain sur la table.

Eh! ces vains documents ne peuvent nous instruire.

JEANNE.

Hélas! vous écrivez tout ce qui peut me nuire,
Mais vous n'écrivez pas ce qui serait pour moi!

L'ÉVÊQUE.

De ce saint tribunal reconnais-tu la loi?
Réponds, abjures-tu ta révolte inutile?

JEANNE.

J'en appelle au Seigneur!

ISAMBARD, à demi-voix.

Appelle au grand concile!

JEANNE.

Oui, merci! J'en appelle.....

L'ÉVÊQUE, avec violence.

Eh! silence, Isambard!
Chaque jour votre esprit cherche un nouveau retard!

BEDFORD, bas à Isambard.

N'interromps point ainsi le cours de la justice.
De Jeanne voudrais-tu partager le supplice?

Digitized by Google

ISAMBARD.

Les juges ne sont-ils donc libres sous ces murs ?

BEDFORD, de même.

Tu partiras demain !

ISAMBARD.

Des ordres aussi durs
Sont-ils justifiés ?...

BEDFORD.

C'est assez !

A Jeanne.

Par quels charmes
Avez-vous quelque temps triomphé de nos armes ?...

Lentement, d'une voix insinuante.

L'aveu sera payé de votre liberté.....

JEANNE.

Bedfort veut me flétrir par cette lâcheté !
Oh !... Les cœurs les plus purs, comme les cœurs serviles,
Ne sont-ils qu'instruments entre vos mains habiles ?
Soyez plus franchement mon ennemi, seigneur,
Et ne me sauvez pas au prix du déshonneur !

L'ÉVÊQUE.

Silence, malheureuse !

JEANNE.

Oh ! puis-je encor me taire
Profanant, sans pudeur, son sacré caractère,
Un prêtre, l'Oyseleur, se disait bon français,
Poursuivi, malheureux, haï par les Anglais;
Il tâchait de gagner toute ma confiance.....
Et puis, lorsqu'à ses pieds j'ouvrais ma conscience,
Des scribes écoutaient, derrière mes verrous,
Ce qu'en confession j'avouais à genoux !

L'ÉVÊQUE, avec rage.

Tais-toi !

JEANNE.

Mais, grâce au Ciel, leur infernale ruse
N'atteignit point l'enfant que votre haine accuse.

Digitized by Google

Peut-être ont-ils rougi de leur crime sans fruit ;
Et le saint tribunal n'en fut jamais instruit.

FRÈRE ISAMBARD, à part.

Mon Dieu ! prends en pitié l'innocence opprimée !

BEDFORD, à l'évêque, jetant à Jeanne un regard glacé.

Il suffit.

L'ÉVÊQUE, aux assesseurs.

Cette cause est assez informée.

Il sort avec le régent ; les assesseurs les suivent. Jeanne, comme brisée par sa longue épreuve, se laisse choir sur un escabeau, cache sa tête dans ses mains.

SCÈNE CINQUIÈME

JEANNE, après un moment de silence.

Ah ! je les ai bravés, et c'en est fait de moi !
Et je devais gagner du temps..... O gentil roi !...
Vous, Dunois, qui là-bas chevauchez par la plaine,
D'un si valeureux cœur venant rompre ma chaîne,
Vous ne trouverez plus qu'un ennemi cruel !...

Elle demeure un instant abattue, et pleure ; puis, tout-à-coup elle se relève ; sa figure s'éclaire.

Quel ravissant concert !... J'entends les voix du Ciel !

J'entends des harpes d'or la suave harmonie !
De saints et de martys ô légion bénie,
Bienheureux qui chantez aux pieds du Roi des rois ;
O vierges, chérubins, soldats du Christ, archanges,
Frères du paradis, immortelles phalanges,
Est-ce vous que je vois ?

Saint Michel !... Est-ce vous dont j'entends la parole ?...
De quels rayons divins brille votre auréole !
De vos fiers compagnons quel essaim radieux !...
Que ne puis-je, au séjour des gloires éternelles,
Messagers du Très-Haut, m'élancer sur vos ailes
Dans l'infini des cieux.

Digitized by Google

Vierges, mes sœurs, la palme entre vos mains s'agite.....
Pourquoi me l'offrez-vous, ô sainte Marguerite?
Sainte Catherine..... Ah! vous parlez!... à genoux
J'écoute!

Elle demeure un instant en silence et semble prêter l'oreille

Oui! j'obéis au Seigneur qui m'inspire;
Pour racheter la France, il faut une martyre :
Appelez-moi vers vous!

Oui!... Philippe-le-Bon vient saluer son maître...
Et toujours plus nombreux et plus prompts à renaître,
Croissent les bataillons que la mort vient faucher!
Par le sang des chrétiens triompha leur croyance;
Puissé-je préparer un triomphe à la France,
En montrant au bûcher!

SCÈNE SIXIÈME

La place du Vieux-Marché, à Rouen. Au fond, un bûcher. De chaque côté, deux estrades; l'une pour l'évêque et les assesseurs, l'autre pour les seigneurs anglais et les juges séculiers. La foule se presse aux abords de la place; le milieu est maintenu libre par les soldats. Les estrades se remplissent successivement par les arrivants, parmi lesquels L'ÉVÊQUE, BEDFORD, LES ASSESSEURS, *puis* PASQUEREL; JEANNE *et son cortége.*

UN HOMME DU PEUPLE.

Eh quoi! jusqu'à la nuit nous faudra-t-il l'attendre?

UN ARCHER ANGLAIS.

Oh! puisse la sorcière être réduite en cendre!
Que nul ne soit tenté d'imiter ses forfaits!

A un autre archer.

Mais qu'as-tu là, Willams? Pourquoi porter ce faix?

WILLAMS.

Sachant qu'on la brûlait, j'ai fait vœu, sur mon âme,
De jeter à mon tour un fagot dans la flamme.

Il se place près du bûcher et pose son fagot à terre. Une grande agitation se p oduit dans la foule.

Digitized by Google

PEUPLE.

Ah !... c'est elle !

SOLDATS ANGLAIS.

Au bûcher !

AUTRES ANGLAIS.

Oui ! faites-la périr !

Jeanne apparaît vêtue d'une longue chemise blanche, ceinte d'une corde. Un long cortége de gardes et de pénitents, cierges allumés, l'entoure et la suit, remplissant le milieu de la place.

JEANNE, regardant la place et les apprêts du supplice.

Ah ! Rouen !... est-ce ici que Jeanne doit mourir ?

Elle jette un cri en apercevant frère Pasquerel dans la foule.

De grâce, laissez-moi parler à ce bon père !

UN GARDE.

Nous ne le pouvons pas.

L'ÉVÊQUE.

Exaucez sa prière ;
Dieu peut lui pardonner le forfait le plus noir.

JEANNE, à frère Pasquerel.

Le Seigneur soit béni ! j'ai donc pu vous revoir !
Que ne puis-je embrasser les miens ! Ah ! Dieu !... je pleure !

PASQUEREL.

Pauvre enfant ! soyez forte à cette dernière heure !

JEANNE.

Consolez mes parents.

PASQUEREL.

Hélas !

JEANNE.

Priez pour moi !...
Je voudrais voir mon père... et vous aussi, mon roi !
Que ne diras-tu pas, ma mère désolée !

PASQUEREL.

Courage !

JEANNE.

En traversant cette foule assemblée

Digitized by Google

J'ai vu courir vers nous et les cheveux épars,
Un homme qui fixait sur moi ses yeux hagards...

PASQUEREL.

Quoi!...

JEANNE.

C'était l'Oyseleur; il m'a crié : « Pardonne!
» Lorsque je te trahis, toi si noble et si bonne,
» J'ai fait comme Judas quand il trahit son Dieu! »

PASQUEREL.

Et vous?...

JEANNE.

Je lui laissai mon pardon pour adieu;
Car je plains bien celui que le remords accable :
On est si malheureux quand on se sent coupable!!

PASQUEREL.

Toi, plus heureuse, vole aux bras du Tout-Puissant;
Ame pure et sans fiel, je te bénis, enfant!

Pendant le précédent dialogue, les seigneurs, les juges, la foule, ont continué à se ranger; ce qui a isolé en quelque sorte les interlocuteurs. — Le murmure cesse peu à peu, l'ordre se rétablit, le silence se fait.

BEDFORD.

Juges, acquittez-vous de votre ministère.

L'ÉVÊQUE.

Oui, seigneur.

Lisant.

« Jeanne d'Arc, l'Église, notre Mère,
» Qui voulut t'éclairer en sa bénignité,
» A rejeté le poids de ton iniquité.
» D'un membre corrompu l'infection funeste
» Peut du corps le plus sain empoisonner le reste;
» Le retrancher est donc un rigoureux devoir,
» Et de s'en affranchir elle n'a le pouvoir.
» Mais le saint Tribunal, clément en sa justice,
» Laisse au bras séculier le soin de ton supplice;
» Souhaitant qu'il t'épargne, en décidant ton sort,
» La mutilation des membres et la mort. »

Digitized by Google

UNE VOIX, derrière la foule.

En face du bûcher!... Dérision infâme!

BEDFORD, aux soldats.

Qui parle?... cherchez donc!

Les soldats regardent dans la foule sans trouver qui a parlé.

L'ÉVÊQUE.

» Jeanne, songe à ton âme!
» Relapse, il en est temps, abjure tes erreurs;
» Renie enfin tes voix et tes propos menteurs.
» Que ton arrêt, sorcière, hérétique, rebelle,
» Te préserve du moins de la mort éternelle!
» Si tu dois succomber, rends grâce à ton trépas!
» Amen! »

BEDFORD, à demi-voix, à Jeanne.

Si tu le veux, non, tu ne mourras pas.
En reniant tes voix, en nommant tes complices...
Des aveux te pourront arracher aux supplices.
Le pouvoir séculier seul décide à présent.

Avec un demi-sourire.

Le juge... bien qu'Anglais, pourrait être clément...

JEANNE.

Qu'espère-t-on de moi?

BEDFORD.

Que ton orgueil s'abaisse.
Nous pourrons pardonner à l'humaine faiblesse.

JEANNE.

Moi... vouloir vivre au prix de cette lâcheté?

BEDFORD.

Et si l'on te rendait jusqu'à ta liberté?...

JEANNE, dans un trouble inexprimable.

N'es-tu pas le démon?. . Quoi! par cette imposture
Il me faudrait souiller une gloire si pure!

Digitized by Google

J'afficherais ma honte aux yeux de l'Univers !...
Mon Dieu, soutenez-moi !... gardez-moi des pervers

UN SOLDAT ANGLAIS.

N'en finira-t-on pas?

UN AUTRE ANGLAIS.

C'est qu'on craint la sorcière

UNE FEMME DU PEUPLE, à sa compagne.

Pauvre fille, voyez! elle semble en prière!

Les gardes conduisent Jeanne devant le juge séculier.

LE JUGE.

Menez Jeanne à la mort... Bourreau, fais ton devoir.

JEANNE, pâlissant.

Nul secours... c'est fini! N'est-il donc plus d'espoir?..
Mourir si jeune, hélas!... voir la mort face à face!...

BEDFORD, l'épiant d'un œil scrutateur.

Songe qu'au nom du roi je puis te faire grâce.
Avoue au peuple, ici, que Charles de Valois
Pour nous abuser tous fit seul parler tes voix.

JEANNE, se relevant fièrement.

Renier un passé que vous voulez détruire,
Blasphémer l'Esprit-Saint dont le conseil m'inspire,
D'avoir sauvé la France oser me repentir!...
Oh! ne l'espérez pas! plutôt cent fois mourir!

L'ÉVÊQUE.

L'Église te jugea.

JEANNE.

Dieu m'a-t-il condamnée?

L'ÉVÊQUE.

Eh bien, sois donc maudite, hérétique obstinée

BEDFORD.

Tu mérites la mort, et le bûcher t'attend.

Digitized by Google

JEANNE.

Mes ennemis sont sourds ; mais le Seigneur m'entend !
Je vais vers lui prier pour ma France chérie.

A Pasquerel.

Vous lèverez la Croix devant moi, je vous prie.

PASQUEREL, abattu.

Oui, Jeanne, j'obéis.

JEANNE, à l'évêque.

Je meurs par vous... adieu !
Prêtre, je vous appelle au Tribunal de Dieu !

Le peuple est ému, quelques-uns pleurent ; Willams jette au loin son fagot. Les soldats veulent conduire Jeanne au bûcher, elle les repousse et y monte soutenue par frère Pasquerel.

JEANNE, sur le bûcher.

Au moment de paraître en face du grand Juge,
Mon amour sur la terre, aujourd'hui mon refuge ;
Au nom de mes parents, de tout ce qui m'est cher,
Mes voix venaient du Ciel et non pas de l'Enfer !
Devant le monde entier je le jure et le crie !...
Si tout ce que j'ai fait pour ma pauvre patrie
Vous l'imputez à mal, n'en accusez que moi ;
Ne souillez pas l'honneur de Charles VII, mon roi !

BEDFORD.

Ton roi ? C'est Henri VI, d'Angleterre et de France.

JEANNE.

Du martyre bientôt naîtra la délivrance !
L'étranger qui foulait nos champs d'un pied vainqueur,
Va connaître à son tour la détresse et la peur.

L'ÉVÊQUE, aux exécuteurs.

Que tardez-vous ?...

JEANNE.

Traînés de défaite en défaite,
Et lambeau par lambeau nous cédant leur conquête,

Digitized by Google

Les Lancastre vaincus fuiront de nos palais.....
Ils fuiront..... et leurs fils n'y rentreront jamais!

A frère Pasquerel, avec un cri :

Oh ! descendez !... la flamme en tournoyant s'agite.....

Pasquerel descend ; il élève, d'une main tremblante, la croix devant le bûcher.

O sainte Catherine, ô sainte Marguerite,
Saint Michel.... au secours ! venez ! Je ne vois plus !
Le feu !... Pitié de moi, Jésus !... mon doux Jésus! ...

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME V DE LA 4e SÉRIE.

Photométrie. — Mesure des intensités relatives des diverses radiations constitutives des sources lumineuses, par Henri TRANNIN..... 1

Sur la présence de l'acide phosphorique dans toute la série géologique, par M. E. DUVILLIER..... 75

Méthode pour retirer le platine des chloro-platinates par M. E. DUVILLIER ... 101

Étude stratigraphique du terrain houiller d'Auchy-au-Bois. — Théorie sur le prolongement au sud de la zône houillère du Pas-de-Calais, et comparaison des terrains houillers d'Auchy-au-Bois et du Boulonnais, par M. Ludovic BRETON..... 103

Étude sur le travail mécanique de la filature du lin, par M. E. GRÉGOIRE.... 165

Martyre et Délivrance, poëme dramatique national, par M. Gaston DE SIRVEY. 377

Lille, Imp. L. Danel.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Widener Library
44 090 846 114

Digitized by Google